

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 12 月 29 日 (29.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/114511 A2

- (51) 国際特許分類: H02P
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/007159
- (22) 国際出願日: 2004 年 5 月 19 日 (19.05.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-161052 2003 年 6 月 5 日 (05.06.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中山 寛 (NAKAYAMA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県

豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 齋藤 友宏 (SAITOU, Tomohiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 松本 只一 (MATSUMOTO, Tadaichi) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 梶原 滋人 (KAJIWARA, Shigeto) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

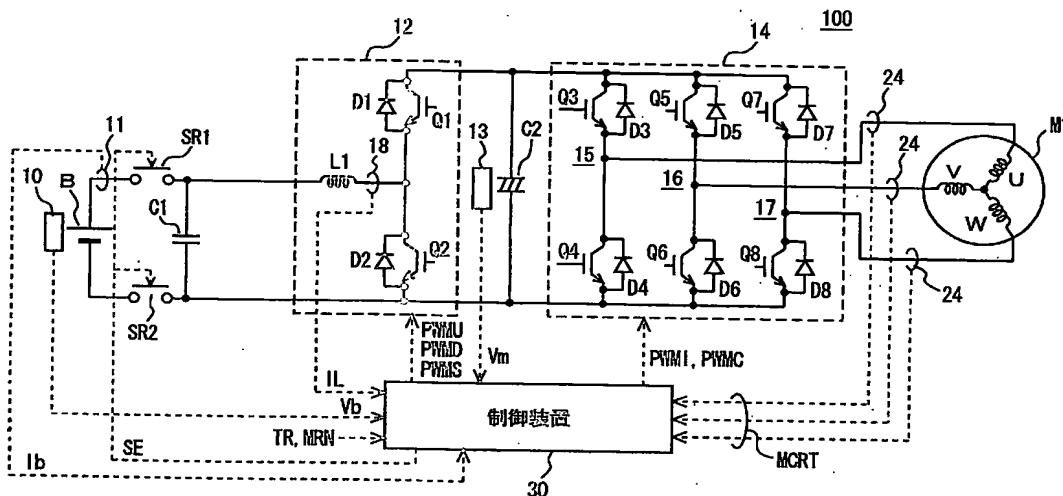
(74) 代理人: 深見 久郎, 外 (FUKAMI, Hisao et al.); 〒5300054 大阪府大阪市北区南森町 2 丁目 1 番 2 9 号 三井住友銀行南森町ビル 深見特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: MOTOR DRIVE DEVICE, VEHICLE USING THE SAME, AND COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM CONTAINING A PROGRAM FOR CAUSING A COMPUTER TO EXECUTE CONTROL OF VOLTAGE CONVERSION

(54) 発明の名称: モータ駆動装置、それを搭載した自動車および電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体



30...CONTROL DEVICE

(57) Abstract: A control device (30) receives power source current (Ib) from a current sensor (11) and reactor current (IL) from a current sensor (18). According to the reactor current (IL), the control device (30) detects a maximum value (ILmax) and a minimum value (ILmin), and judges whether the reactor current (IL) intersects the zero point according to the maximum value (ILmax), the minimum value (ILmin) detected, and the power source current (Ib). When the reactor current (IL) intersects the zero point, the control device (30) generates a signal (PWMS) and outputs it to a boosting converter (12). According to the signal (PWMS), the boosting converter (12) stops boosting operation or step-down operation performed by the switching operation.

[続葉有]



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

- 国際調査報告書なし; 報告書を受け取り次第公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 制御装置(30)は、電流センサー(11)からの電源電流(I<sub>b</sub>)と電流センサー(18)からのリアクトル電流(I<sub>L</sub>)とを受け取る。そして、制御装置(30)は、リアクトル電流(I<sub>L</sub>)に基づいて最大値(I<sub>Lmax</sub>)および最小値(I<sub>Lmin</sub>)を検出し、その検出した最大値(I<sub>Lmax</sub>)および最小値(I<sub>Lmin</sub>)と電源電流(I<sub>b</sub>)とに基づいてリアクトル電流(I<sub>L</sub>)が零点と交差するか否かを判定する。制御装置(30)は、リアクトル電流(I<sub>L</sub>)が零点と交差するとき、信号(PWMS)を生成して昇圧コンバータ(12)へ出力する。昇圧コンバータ(12)は、信号(PWMS)に応じて、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止する。

明細書  
Rec'd PTO 09 JUN 2005

モータ駆動装置、それを搭載した自動車および電圧変換の制御をコンピュータに  
実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体

5

#### 技術分野

この発明は、モータを駆動するモータ駆動装置に関し、特に、スイッチングノ  
イズを低減可能なモータ駆動装置、それを搭載した自動車およびスイッチングノ  
イズを低減可能な電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラム  
を記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に関するものである。

10

#### 背景技術

最近、環境に配慮した自動車としてハイブリッド自動車 (Hybrid Ve  
hicle) および電気自動車 (Electric Vehicle) が大きな  
注目を集めている。そして、ハイブリッド自動車は、一部、実用化されている。

15

このハイブリッド自動車は、従来のエンジンに加え、直流電源とインバータと  
インバータによって駆動されるモータとを動力源とする自動車である。つまり、  
エンジンを駆動することにより動力源を得るとともに、直流電源からの直流電圧  
をインバータによって交流電圧に変換し、その変換した交流電圧によりモータを  
回転することによって動力源を得るものである。

20

また、電気自動車は、直流電源とインバータとインバータによって駆動される  
モータとを動力源とする自動車である。

このようなハイブリッド自動車または電気自動車においては、直流電源からの  
直流電圧を昇圧コンバータによって昇圧し、その昇圧した直流電圧がモータを駆  
動するインバータに供給されることも検討されている (特開平 8-214592  
号公報)。

25

すなわち、ハイブリッド自動車または電気自動車は、図 42 に示すモータ駆動  
装置を搭載している。図 42 を参照して、モータ駆動装置 400 は、直流電源 B  
と、システムリレー SR1, SR2 と、コンデンサ C1, C2 と、双方向コンバ

ータ 310 と、電圧センサー 320 と、インバータ 330 とを備える。

直流電源 B は、直流電圧を出力する。システムリレー SR1, SR2 は、制御装置（図示せず）によってオンされると、直流電源 B からの直流電圧をコンデンサ C1 に供給する。コンデンサ C1 は、直流電源 B からシステムリレー SR1, SR2 を介して供給された直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧を双方向コンバータ 310 へ供給する。

双方向コンバータ 310 は、リアクトル L1 と、NPN トランジスタ Tr1, Tr2 と、ダイオード D1, D2 とを含む。リアクトル L1 の一方端は直流電源 B の電源ラインに接続され、他方端は NPN トランジスタ Tr1 と NPN トランジスタ Tr2 との中間点、すなわち、NPN トランジスタ Tr1 のエミッタと NPN トランジスタ Tr2 のコレクタとの間に接続される。NPN トランジスタ Tr1, Tr2 は、電源ラインとアースラインとの間に直列に接続される。そして、NPN トランジスタ Tr1 のコレクタは電源ラインに接続され、NPN トランジスタ Tr2 のエミッタはアースラインに接続される。また、各 NPN トランジスタ Tr1, Tr2 のコレクタ-エミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオード D1, D2 がそれぞれ配置されている。

双方向コンバータ 310 は、制御装置（図示せず）によって NPN トランジスタ Tr1, Tr2 がオン/オフされ、コンデンサ C1 から供給された直流電圧を昇圧して出力電圧をコンデンサ C2 に供給する。また、双方向コンバータ 310 は、モータ駆動装置 400 が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、交流モータ M1 によって発電され、インバータ 330 によって変換された直流電圧を降圧して直流電源 B へ供給する。

コンデンサ C2 は、双方向コンバータ 310 から供給された直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧をインバータ 330 へ供給する。電圧センサー 320 は、コンデンサ C2 の両側の電圧、すなわち、双方向コンバータ 310 の出力電圧  $V_m$  を検出する。

インバータ 330 は、コンデンサ C2 から直流電圧が供給されると制御装置（図示せず）からの制御に基づいて直流電圧を交流電圧に変換して交流モータ M1 を駆動する。これにより、交流モータ M1 は、トルク指令値によって指定され

たトルクを発生するように駆動される。

また、モータ駆動装置400が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、インバータ330は、交流モータM1が発電した交流電圧を制御装置からの制御に基づいて直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をコンデンサC2を介して双方向コンバータ310へ供給する。

このように、モータ駆動装置400においては、交流モータM1の駆動時、直流電源Bからの直流電圧は、昇圧されてインバータ330に供給され、交流モータM1の回生時、交流モータM1によって発電され、かつ、インバータ330によって変換された直流電圧は、降圧されて直流電源Bに供給される。

しかし、従来のモータ駆動装置は、交流モータの負荷の大きさに基づいて、昇圧制御および降圧制御の許可または禁止を判断するので、リアクトル電流の極性が反転する領域においても、昇圧制御または降圧制御が行なわれる。そのため、NPNトランジスタ $T_{r1}$ 、 $T_{r2}$ によるスイッチングノイズおよびスイッチング損失が増大するという問題がある。

図43および図44を参照して、従来の問題を詳細に説明する。図43は、リアクトル電流の極性が反転しない場合のリアクトル電流 $I_L$ 、NPNトランジスタ $T_{r1}$ 、 $T_{r2}$ を流れる電流 $I_{Tr1}$ 、 $I_{Tr2}$ およびダイオードD1、D2を流れる電流 $I_{D1}$ 、 $I_{D2}$ のタイミングチャートである。また、図44は、リアクトル電流の極性が反転する場合のリアクトル電流 $I_L$ 、NPNトランジスタ $T_{r1}$ 、 $T_{r2}$ を流れる電流 $I_{Tr1}$ 、 $I_{Tr2}$ およびダイオードD1、D2を流れる電流 $I_{D1}$ 、 $I_{D2}$ のタイミングチャートである。

図43を参照して、リアクトル電流の極性が反転しない場合としてリアクトル電流 $I_L$ が正である場合、すなわち、双方向コンバータ310が昇圧動作を行なう場合を示す。また、タイミング $t_1$ からタイミング $t_2$ までの期間が昇圧動作時におけるNPNトランジスタ $T_{r1}$ 、 $T_{r2}$ の制御の1周期である。

タイミング $t_1$ からタイミング $t_3$ までの期間、NPNトランジスタ $T_{r2}$ がオンされ、直流電源B、リアクトルL1およびNPNトランジスタ $T_{r2}$ からなる回路を直流電源BからNPNトランジスタ $T_{r2}$ の方向（この方向を正の方向とする）へ直流電流が流れ、リアクトルL1に電力が蓄積される。すなわち、こ

の期間において、NPNトランジスタ $T_{r2}$ を流れる電流 $I_{Tr2}$ は増加し、リアクトル電流 $I_L$ も増加する。そして、タイミング $t_3$ において、NPNトランジスタ $T_{r2}$ がオフされ、NPNトランジスタ $T_{r1}$ がオンされる。そうすると、電流 $I_{Tr2}$ は、0Aに減少する。そして、タイミング $t_3$ からタイミング $t_2$ までの期間、リアクトル $L_1$ に蓄積された電力に応じて、直流電流がリアクトル $L_1$ からダイオード $D_1$ を介してコンデンサ $C_2$ 側に流れる。

この場合、ダイオード $D_1$ を流れる電流 $I_{D1}$ は、タイミング $t_2$ に近づくに従って、徐々に減少する。したがって、リアクトル電流 $I_L$ もタイミング $t_2$ に近づくに従って減少する。

その結果、タイミング $t_1$ からタイミング $t_2$ までの1周期においては、NPNトランジスタ $T_{r1}$ およびダイオード $D_2$ は通電されず、電流 $I_{Tr1}$ 、 $I_{D2}$ は0Aである。また、この1周期において、NPNトランジスタ $T_{r1}$ 、 $T_{r2}$ は、タイミング $t_3$ のみにおいてスイッチングされる。

このような動作を繰返して、双方向コンバータ310は、昇圧動作を行なう。

そして、直流電源Bから出力される電源電流 $I_b$ は、リアクトル電流 $I_L$ を平均した電流となる。

図44を参照して、リアクトル電流の極性が反転する場合、タイミング $t_1$ からタイミング $t_4$ までの間、NPNトランジスタ $T_{r2}$ がオンされ、タイミング $t_4$ でNPNトランジスタ $T_{r2}$ がオフされ、NPNトランジスタ $T_{r1}$ がオンされる。そうすると、タイミング $t_1$ からタイミング $t_4$ までの期間、直流電源B、リアクトル $L_1$ およびNPNトランジスタ $T_{r2}$ からなる回路を直流電流が正の方向に流れ、リアクトル $L_1$ に電力が蓄積される。すなわち、この期間において、NPNトランジスタ $T_{r2}$ を流れる電流 $I_{Tr2}$ は増加し、リアクトル電流 $I_L$ も増加する。そして、タイミング $t_4$ において、NPNトランジスタ $T_{r2}$ がオフされ、NPNトランジスタ $T_{r1}$ がオンされると、電流 $I_{Tr2}$ は0Aに減少し、タイミング $t_4$ からタイミング $t_5$ までの期間、リアクトル $L_1$ に蓄積された電力に応じて、直流電流がリアクトル $L_1$ からダイオード $D_1$ を介してコンデンサ $C_2$ 側に流れる。

この場合、ダイオード $D_1$ を流れる電流 $I_{D1}$ は、タイミング $t_5$ に近づくに

従って、徐々に減少する。したがって、リアクトル電流  $I_L$  もタイミング  $t_5$  に近づくに従って減少する。

そして、タイミング  $t_5$  において、リアクトル電流  $I_L$  の極性が正から負に切換わる。すなわち、双方向コンバータ 310 は、降圧動作を行なう。そうすると、  
5 タイミング  $t_5$  からタイミング  $t_6$  までの期間、直流電流がコンデンサ  $C_2$  側から NPN トランジスタ  $T_{r1}$  を介して直流電源  $B$  へ流れる。そして、この期間、NPN トランジスタ  $T_{r1}$  を流れる電流  $I_{Tr1}$  は負の方向に増加し、負の方向に流れるリアクトル電流  $I_L$  が増加する。

その後、タイミング  $t_6$  において、NPN トランジスタ  $T_{r1}$  がオフされ、N  
10 PN トランジスタ  $T_{r2}$  がオンされると、電流  $I_{Tr1}$  が  $0A$  に減少し（負の方向に流れる電流が減少するという意味）、直流電源  $B$ 、ダイオード  $D_2$  およびリアクトル  $L_1$  からなる回路を直流電流が負の方向に流れる。そして、ダイオード  $D_2$  を流れる電流  $I_{D2}$  は、タイミング  $t_2$  に近づくに従って減少し、リアクトル電流  $I_L$  も減少する（NPN トランジスタ  $T_{r2}$  側から直流電源  $B$  の方向へ流  
15 れる電流が減少するという意味）。

その結果、タイミング  $t_1$  からタイミング  $t_2$  までの 1 周期の期間において、NPN トランジスタ  $T_{r1}$ ,  $T_{r2}$  は、タイミング  $t_4$  およびタイミング  $t_6$  でスイッチングされる。

このような動作を繰返して、双方向コンバータ 310 は、昇圧動作および降圧  
20 動作を行なう。そして、直流電源  $B$  に入出力される電源電流  $I_b$  は、リアクトル電流  $I_L$  を平均した電流であり、この場合、 $0A$  である。

上述したように、NPN トランジスタ  $T_{r1}$ ,  $T_{r2}$  は、リアクトル電流  $I_L$  の極性が反転しない場合、1 周期の制御期間において 1 回だけスイッチングされ、リアクトル電流  $I_L$  の極性が反転する場合、1 周期の制御期間において 2 回スイ  
25 ッチングされる。

つまり、モータの負荷が小さくなり、リアクトル電流の極性が反転する領域においても、通常の昇圧動作および降圧動作を行なうと、双方向コンバータを構成する NPN トランジスタのスイッチング回数が増加する。そして、NPN トランジスタは、スイッチング動作によりスイッチングノイズを発生し、スイッチング

回数の増加によりスイッチングノイズが増加する。また、スイッチング回数の増加によりスイッチング損失も増加する。

#### 発明の開示

5       そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、スイッチングノイズを低減可能なモータ駆動装置を提供することである。

また、この発明の別の目的は、スイッチングノイズを低減可能なモータ駆動装置を搭載した自動車を提供することである。

10       さらに、この発明の別の目的は、スイッチングノイズを低減可能な電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体を提供することである。

この発明によれば、モータ駆動装置は、インバータと、電圧変換器と、制御回路とを備える。インバータは、モータを駆動する。電圧変換器は、スイッチング素子およびリアクトルを含み、スイッチング素子のスイッチング動作により電源  
15       とインバータとの間で直流電圧を変換する。制御回路は、リアクトルに流れるリアクトル電流が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する。

また、この発明によれば、モータ駆動装置は、駆動装置と、電圧変換器と、制御回路とを備える。駆動装置は、モータを駆動する。電圧変換器は、スイッチ  
20       ング素子およびリアクトルを含み、スイッチング素子のスイッチング動作により電源と駆動装置との間で電圧を変換する。制御回路は、リアクトルに流れるリアクトル電流が零点と交差する場合、リアクトル電流が零点と交差しながら変化する期間、スイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、電源に入出力する電源電流と、リアクトル電流の最大値および最小値とに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。  
25

好ましくは、モータ駆動装置は、第1および第2の電流センサーをさらに備える。第1の電流センサーは、電源電流を検出する。第2の電流センサーは、リア



クトル電流を検出する。そして、制御回路は、第2の電流センサーにより検出されたリアクトル電流に基づいてリアクトル電流の最大値および最小値を検出し、その検出したリアクトル電流の最大値および最小値と第1の電流センサーより検出された電源電流とに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定する。

5 好ましくは、制御回路は、リアクトル電流の最大値の極性がリアクトル電流の最小値の極性と異なり、かつ、電源電流が電源から電圧変換器へ流れるとき、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、リアクトル電流の最大値の極性がリアクトル電流の最小値の極性と異なり、かつ、電源電流が電圧変換器から電源へ流れるとき、ス  
10 イッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、電圧変換器に入出力する電流に基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて、スイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、リアクトル電流が零点と交差しないとき、ス  
15 イッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

好ましくは、制御回路は、モータの動作モードとリアクトル電流の最大値および最小値とに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降  
20 圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、モータの動作モードとモータが要求パワーを出力するために必要な電源電流とに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

25 好ましくは、制御回路は、モータが要求パワーを出力するために必要な電源電流に基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、必要な電源電流が零である場合、スイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、モータの動作モードとモータの要求トルクとに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じてスイッ

チング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、制御回路は、当該モータ駆動装置が搭載された自動車のアクセル開度とモータの動作モードとモータの要求トルクとに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

また、この発明によれば、モータ駆動装置は、駆動装置と、発電装置と、発電駆動装置と、電圧変換器と、制御回路とを備える。駆動装置は、モータを駆動する。発電装置は、電力を発電する。発電駆動装置は、発電装置を駆動する。電圧変換器は、スイッチング素子およびリアクトルを含み、スイッチング素子のスイッチング動作により電源と駆動装置、発電装置および発電駆動装置との間で直流電圧を変換する。制御回路は、電圧変換器を介して駆動装置、発電装置および発電駆動装置側から電源へ供給される充電電力量が電圧変換器における電力損失値よりも小さい場合、充電電力量が電力損失値よりも小さい期間、スイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、充電電力量は、駆動装置の負荷指令、発電駆動装置の消費電力および発電装置の発電電力に基づいて決定される。

さらに、モータ駆動装置は、駆動装置と、発電装置と、発電駆動装置と、電圧変換器と、制御回路とを備える。駆動装置は、モータを駆動する。発電装置は、電力を発電する。発電駆動装置は、発電装置を駆動する。電圧変換器は、スイッチング素子およびリアクトルを含み、スイッチング素子のスイッチング動作により電源と駆動装置、発電装置および発電駆動装置との間で直流電圧を変換する。制御回路は、電圧変換器を介して駆動装置、発電装置および発電駆動装置側から電源へ供給される充電電流量が電圧変換器における電流損失値よりも小さい場合、充電電流量が電流損失値よりも小さい期間、スイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する。

好ましくは、モータ駆動装置は、電流センサーをさらに備える。電流センサーは、充電電流量を検出する。

さらに、この発明によれば、自動車は、車輪と、車輪を駆動するモータと、モータを駆動する請求の範囲第1項から請求の範囲第16項のいずれか1項に記載のモータ駆動装置とを備える。

5 さらに、この発明によれば、電源と、モータを駆動する駆動装置との間における電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体は、電圧変換を行なう電圧変換器に含まれるリアクトルに流れるリアクトル電流が零点と交差するか否かを判定する第1のステップと、リアクトル電流が零点と交差する場合、リアクトル電流が零点と交差しながら変化する期間、電圧変換器に含まれるスイッチング素子のスイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する第2のステップとをコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体である。

10 さらに、この発明によれば、コンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体は、モータ駆動装置における電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体である。モータ駆動装置は、モータを駆動する駆動装置と、電力を発電する発電装置と、発電装置を駆動する発電駆動装置と、電源と、駆動装置、発電装置および発電駆動装置との間で電圧変換を行なう電圧変換器とを備える。そして、プログラムは、駆動装置、発電装置および発電駆動装置側から電源へ供給される充電電力量が電圧変換器における電力損失値よりも小さいか否かを判定する第1のステップと、充電電力量が電力損失値よりも小さい場合、充電電力量が電力損失値よりも小さい期間、電圧変換器に含まれるスイッチング素子のスイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する第2のステップとをコンピュータに実行させる。

25 さらに、この発明によれば、コンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体は、モータ駆動装置における電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体である。モータ駆動装置は、モータを駆動する駆動装置と、電力を発電する発電装置と、発電装置を駆動する発電駆動装置と、電源と、駆動装置、発電装置および発電駆動装置との間で電圧変換を行なう電圧変換器とを備

える。そして、プログラムは、駆動装置、発電装置および発電駆動装置側から電源へ供給される充電電流量が電圧変換器における電流損失値よりも小さいか否かを判定する第1のステップと、充電電流量が電流損失値よりも小さい場合、充電電流量が電流損失値よりも小さい期間、電圧変換器に含まれるスイッチング素子のスイッチング動作を停止するように電圧変換器を制御する第2のステップとをコンピュータに実行させる。

この発明においては、電圧変換器は、電源から駆動装置（またはインバータ）へ印加される直流電圧と、駆動装置（またはインバータ）から電源へ印加される直流電圧とのそれぞれを変圧する。そして、リアクトル電流が零点と交差する場合、電圧変換器に含まれるスイッチング素子のスイッチング動作が停止される。

また、この発明においては、電圧変換器を介して電源へ供給される充電電力量が電圧変換器における電力損失量よりも小さい場合、電圧変換器に含まれるスイッチング素子のスイッチング動作が停止される。

さらに、この発明においては、電圧変換器を介して電源へ供給される充電電流量が電圧変換器における電流損失量よりも小さい場合、電圧変換器に含まれるスイッチング素子のスイッチング動作が停止される。

したがって、この発明によれば、スイッチング素子のスイッチング回数を低減できる。その結果、スイッチングノイズを低減できる。また、スイッチング損失を低減できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、実施の形態1によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図2は、図1に示す制御装置のブロック図である。

図3は、図2に示すインバータ制御回路のブロック図である。

図4は、モータのトルクとモータの回転数との関係を示す図である。

図5は、図2に示すコンバータ制御回路のブロック図である。

図6は、リアクトル電流のタイミングチャートである。

図7は、実施の形態1によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。

図 8 は、実施の形態 2 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 9 は、図 8 に示す制御装置のブロック図である。

図 10 は、図 9 に示すコンバータ制御回路のブロック図である。

5 図 11 は、実施の形態 2 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。

図 12 は、実施の形態 3 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 13 は、図 12 に示す制御装置のブロック図である。

図 14 は、図 13 に示すコンバータ制御回路のブロック図である。

図 15 は、昇圧比と電源電流との関係を示す図である。

10 図 16 は、降圧比と電源電流との関係を示す図である。

図 17 は、実施の形態 3 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。

図 18 は、実施の形態 4 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 19 は、図 18 に示す制御装置のブロック図である。

15 図 20 は、図 19 に示すコンバータ制御回路の機能ブロック図である。

図 21 は、昇圧比と要求トルクとの関係を示す図である。

図 22 は、降圧比と要求トルクとの関係を示す図である。

図 23 は、実施の形態 4 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。

20 図 24 は、実施の形態 5 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 25 は、図 24 に示す制御装置のブロック図である。

図 26 は、図 25 に示すコンバータ制御回路のブロック図である。

図 27 は、アクセル開度と昇圧比との関係を示す図である。

25 図 28 は、実施の形態 5 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。

図 29 は、実施の形態 6 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。

図 30 は、図 29 に示す制御装置のブロック図である。

図 31 は、図 30 に示すコンバータ制御回路のブロック図である。

図 32 は、実施の形態 6 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作

を説明するためのフローチャートである。

図 3 3 は、図 1 に示すモータ駆動装置を搭載したハイブリッド自動車の構成を示す図である。

5 図 3 4 は、図 1 に示すモータ駆動装置を搭載したハイブリッド自動車の駆動システムを示す概略ブロック図である。

図 3 5 は、図 3 4 に示す動力分割機構の模式図である。

図 3 6 は、図 1 に示すモータ駆動装置を搭載した電気自動車の構成を示す図である。

10 図 3 7 は、図 1 に示すモータ駆動装置を搭載した電気自動車の電気駆動システムを示す概略ブロック図である。

図 3 8 は、実施の形態 6 によるモータ駆動装置の機能ブロック図である。

図 3 9 は、実施の形態 6 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。

図 4 0 は、実施の形態 6 によるモータ駆動装置の他の機能ブロック図である。

15 図 4 1 は、実施の形態 6 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するための他のフローチャートである。

図 4 2 は、従来のモータ駆動装置の概略ブロック図である。

20 図 4 3 は、リアクトル電流の極性が反転しない場合のリアクトル電流、NPN トランジスタを流れる電流およびダイオードを流れる電流のタイミングチャートである。

図 4 4 は、リアクトル電流の極性が反転する場合のリアクトル電流、NPN トランジスタを流れる電流およびダイオードを流れる電流のタイミングチャートである。

## 25 発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

### [実施の形態 1]

図 1 は、実施の形態 1 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。図 1 を

参照して、実施の形態 1 によるモータ駆動装置 100 は、バッテリー B と、電圧センサー 10, 13 と、電流センサー 11, 18, 24 と、コンデンサ C1, C2 と、昇圧コンバータ 12 と、インバータ 14 と、制御装置 30 とを備える。

交流モータ M1 は、ハイブリッド自動車または電気自動車の駆動輪を駆動するためのトルクを発生するための駆動モータである。また、交流モータ M1 は、エンジンにて駆動される発電機の機能を持つように、そして、エンジンに対して電動機として動作し、たとえば、エンジン始動を行ない得るようなモータである。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル L1 と、NPN トランジスタ Q1, Q2 と、ダイオード D1, D2 とを含む。リアクトル L1 の一方端は直流電源 B の電源ラインに接続され、他方端は NPN トランジスタ Q1 と NPN トランジスタ Q2 との中間点、すなわち、NPN トランジスタ Q1 のエミッタと NPN トランジスタ Q2 のコレクタとの間に接続される。NPN トランジスタ Q1, Q2 は、電源ラインとアースラインとの間に直列に接続される。そして、NPN トランジスタ Q1 のコレクタは電源ラインに接続され、NPN トランジスタ Q2 のエミッタはアースラインに接続される。また、各 NPN トランジスタ Q1, Q2 のコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオード D1, D2 がそれぞれ配置されている。

インバータ 14 は、U 相アーム 15 と、V 相アーム 16 と、W 相アーム 17 とから成る。U 相アーム 15、V 相アーム 16、および W 相アーム 17 は、電源ラインとアースラインとの間に並列に設けられる。

U 相アーム 15 は、直列接続された NPN トランジスタ Q3, Q4 から成り、V 相アーム 16 は、直列接続された NPN トランジスタ Q5, Q6 から成り、W 相アーム 17 は、直列接続された NPN トランジスタ Q7, Q8 から成る。また、各 NPN トランジスタ Q3 ~ Q8 のコレクターエミッタ間には、エミッタ側からコレクタ側へ電流を流すダイオード D3 ~ D8 がそれぞれ接続されている。

各相アームの中間点は、交流モータ M1 の各相コイルの各相端に接続されている。すなわち、交流モータ M1 は、3 相の永久磁石モータであり、U, V, W 相の 3 つのコイルの一端が中点に共通接続されて構成され、U 相コイルの他端が NPN トランジスタ Q3, Q4 の中間点に、V 相コイルの他端が NPN トランジスタ

タQ 5, Q 6 の中間点に、W相コイルの他端がNPNトランジスタQ 7, Q 8 の中間点にそれぞれ接続されている。

5 直流電源Bは、ニッケル水素またはリチウムイオン等の二次電池から成る。電圧センサー10は、直流電源Bから出力される電圧V<sub>b</sub>を検出し、その検出した電圧V<sub>b</sub>を制御装置30へ出力する。

システムリレーSR1, SR2は、制御装置30からの信号S<sub>E</sub>によりオン／オフされる。より具体的には、システムリレーSR1, SR2は、制御装置30からのH(論理ハイ)レベルの信号S<sub>E</sub>によりオンされ、制御装置30からのL(論理ロー)レベルの信号S<sub>E</sub>によりオフされる。

10 電流センサー11は、直流電源Bに入出力する電源電流I<sub>b</sub>を検出し、その検出した電源電流I<sub>b</sub>を制御装置30へ出力する。

コンデンサC1は、直流電源Bから供給された直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧を昇圧コンバータ12へ供給する。

15 昇圧コンバータ12は、コンデンサC1から供給された直流電圧を昇圧してコンデンサC2に供給する。より具体的には、昇圧コンバータ12は、制御装置30から信号PWMUを受けると、信号PWMUによってNPNトランジスタQ2がオンされた期間に応じて直流電圧を昇圧してコンデンサC2に供給する。

20 また、昇圧コンバータ12は、制御装置30から信号PWMDを受けると、コンデンサC2を介してインバータ14から供給された直流電圧を降圧して直流電源Bへ供給する。

さらに、昇圧コンバータ12は、制御装置30からの信号PWMSに応じて、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止する。

コンデンサC2は、昇圧コンバータ12から出力された直流電圧を平滑化し、その平滑化した直流電圧をインバータ14へ供給する。

25 電圧センサー13は、コンデンサC2の両端の電圧V<sub>m</sub>を検出し、その検出した電圧V<sub>m</sub>を制御装置30へ出力する。

インバータ14は、コンデンサC2から直流電圧が供給されると制御装置30からの信号PWMIに基づいて直流電圧を交流電圧に変換して交流モータM1を駆動する。これにより、交流モータM1は、トルク指令値T<sub>R</sub>によって指定され



たトルクを発生するように駆動される。

また、インバータ 14 は、モータ駆動装置 100 が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、交流モータ M1 が発電した交流電圧を制御装置 30 からの信号 PWM C に基づいて直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をコンデンサ C2 を介して昇圧コンバータ 12 へ供給する。

なお、ここで言う回生制動とは、ハイブリッド自動車または電気自動車を運転するドライバーによるフットブレーキ操作があった場合の回生発電を伴う制動や、フットブレーキを操作しないものの、走行中にアクセルペダルをオフすることで回生発電をさせながら車両を減速（または加速の中止）させることを含む。

電流センサー 18 は、リアクトル L1 に流れるリアクトル電流  $I_L$  を検出し、その検出したリアクトル電流  $I_L$  を制御装置 30 へ出力する。

電流センサー 24 は、交流モータ M1 に流れるモータ電流  $MCR T$  を検出し、その検出したモータ電流  $MCR T$  を制御装置 30 へ出力する。

制御装置 30 は、外部に設けられた ECU (Electrical Control Unit) からトルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  を受け、電圧センサー 10 から電圧  $V_b$  を受け、電流センサー 11 から電源電流  $I_b$  を受け、電圧センサー 13 から電圧  $V_m$  を受け、電流センサー 18 からリアクトル電流  $I_L$  を受け、電流センサー 24 からモータ電流  $MCR T$  を受ける。そして、制御装置 30 は、電圧  $V_m$ 、トルク指令値  $TR$  およびモータ電流  $MCR T$  に基づいて、後述する方法によりインバータ 14 が交流モータ M1 を駆動するときインバータ 14 の NPN トランジスタ Q3 ~ Q8 をスイッチング制御するための信号 PWM I を生成し、その生成した信号 PWM I をインバータ 14 へ出力する。

また、制御装置 30 は、インバータ 14 が交流モータ M1 を駆動するとき、電圧  $V_b$ 、 $V_m$ 、トルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、後述する方法により昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1、Q2 をスイッチング制御するための信号 PWM U を生成し、その生成した信号 PWM U を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

さらに、制御装置 30 は、モータ駆動装置 100 が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、電圧  $V_m$ 、トルク指令値  $TR$  およびモータ

電流 $MCR T$ に基づいて、交流モータ $M1$ が発電した交流電圧を直流電圧に変換するための信号 $PWMC$ を生成し、その生成した信号 $PWMC$ をインバータ $14$ へ出力する。この場合、インバータ $14$ の $NPN$ トランジスタ $Q3 \sim Q8$ は信号 $PWMC$ によってスイッチング制御される。これにより、インバータ $14$ は、交流モータ $M1$ が発電した交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ $12$ へ供給する。

さらに、制御装置 $30$ は、回生制動時、電圧 $Vb$ 、 $Vm$ 、トルク指令値 $TR$ およびモータ回転数 $MRN$ に基づいて、インバータ $14$ から供給された直流電圧を降圧するための信号 $PWMD$ を生成し、その生成した信号 $PWMD$ を昇圧コンバータ $12$ へ出力する。これにより、交流モータ $M1$ が発電した交流電圧は、直流電圧に変換され、降圧されて直流電源 $B$ に供給される。

さらに、制御装置 $30$ は、電流センサー $11$ からの電源電流 $Ib$ と電流センサー $18$ からのリアクトル電流 $IL$ とに基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差するとき、 $NPN$ トランジスタ $Q1$ 、 $Q2$ のスイッチング動作を停止するための信号 $PWMS$ を生成し、その生成した信号 $PWMS$ を昇圧コンバータ $12$ へ出力する。

図 $2$ は、図 $1$ に示す制御装置 $30$ のブロック図である。図 $2$ を参照して、制御装置 $30$ は、インバータ制御回路 $301$ と、コンバータ制御回路 $302$ とを含む。

インバータ制御回路 $301$ は、トルク指令値 $TR$ 、モータ電流 $MCR T$ および電圧 $Vm$ に基づいて、交流モータ $M1$ の駆動時、後述する方法によりインバータ $14$ の $NPN$ トランジスタ $Q3 \sim Q8$ をオン／オフするための信号 $PWMI$ を生成し、その生成した信号 $PWMI$ をインバータ $14$ へ出力する。

また、インバータ制御回路 $301$ は、モータ駆動装置 $100$ が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、トルク指令値 $TR$ 、モータ電流 $MCR T$ および電圧 $Vm$ に基づいて、交流モータ $M1$ が発電した交流電圧を直流電圧に変換するための信号 $PWMC$ を生成してインバータ $14$ へ出力する。

コンバータ制御回路 $302$ は、電源電流 $Ib$ およびリアクトル電流 $IL$ に基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差するか否かを判

定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、NPNトランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  のスイッチング動作を停止するための信号 PWMS を生成し、その生成した信号 PWMS を昇圧コンバータ 12 へ出力する。そして、コンバータ制御回路 302 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、次に述べる信号 PWMU または信号 PWMD を生成し、昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

すなわち、コンバータ制御回路 302 は、トルク指令値  $T_R$ 、電圧  $V_b$ 、 $V_m$ 、およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、交流モータ  $M_1$  の駆動時、後述する方法により昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  をオン／オフするための信号 PWMU を生成し、その生成した信号 PWMU を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

また、コンバータ制御回路 302 は、モータ駆動装置 100 が搭載されたハイブリッド自動車または電気自動車の回生制動時、トルク指令値  $T_R$ 、電圧  $V_b$ 、 $V_m$ 、およびモータ回転数  $MRN$  に基づいてインバータ 14 からの直流電圧を降圧するための信号 PWMD を生成し、その生成した信号 PWMD を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

このように、昇圧コンバータ 12 は、直流電圧を降圧するための信号 PWMD により電圧を降下させることもできるので、双方向コンバータの機能を有するものである。

図 3 は、図 2 に示すインバータ制御回路 301 のブロック図である。図 3 を参照して、インバータ制御回路 301 は、モータ制御用相電圧演算部 41 と、インバータ用 PWM 信号変換部 42 とを含む。

モータ制御用相電圧演算部 41 は、昇圧コンバータ 12 の出力電圧  $V_m$ 、すなわち、インバータ 14 への入力電圧を電圧センサー 13 から受け、交流モータ  $M_1$  の各相に流れるモータ電流  $MCR T$  を電流センサー 24 から受け、トルク指令値  $T_R$  を外部 ECU から受ける。そして、モータ制御用相電圧演算部 41 は、トルク指令値  $T_R$ 、モータ電流  $MCR T$  および電圧  $V_m$  に基づいて、交流モータ  $M_1$  の各相のコイルに印加する電圧を計算し、その計算した結果をインバータ用 PWM 信号変換部 42 へ出力する。

インバータ用PWM信号変換部42は、モータ制御用相電圧演算部41から受けた計算結果に基づいて、実際にインバータ14の各NPNトランジスタQ3～Q8をオン/オフする信号PWMIまたは信号PWMCを生成し、その生成した信号PWMIまたは信号PWMCをインバータ14の各NPNトランジスタQ3～Q8へ出力する。

これにより、インバータ14の各NPNトランジスタQ3～Q8は、スイッチング制御され、交流モータM1が指令されたトルクを出力するように、交流モータM1の各相に流す電流を制御する。このようにして、モータ駆動電流が制御され、トルク指令値TRに応じたモータトルクが出力される。

なお、インバータ制御回路301が信号PWMIを生成するか信号PWMCを生成するかは、トルク指令値TRとモータ回転数MRNとの関係に応じて決定される。図4は、モータのトルクとモータの回転数との関係を示す図である。図4を参照して、トルクと回転数との関係が領域RG1またはRG2に存在するとき、交流モータM1の動作モードは、駆動モード、すなわち、力行モードであり、トルクと回転数との関係が領域RG3またはRG4に存在するとき、交流モータM1の動作モードは、回生モードである。

したがって、インバータ制御回路301は、トルク指令値TRとモータ回転数MRNとの関係が領域RG1またはRG2に存在するとき信号PWMIを生成し、トルク指令値TRとモータ回転数MRNとの関係が領域RG3またはRG4に存在するとき信号PWMCを生成する。

図5は、図2に示すコンバータ制御回路302のブロック図である。図5を参照して、コンバータ制御回路302は、電圧指令演算部61と、コンバータ用デューティ比演算部62と、コンバータ用PWM信号変換部63と、制御部64と、ピーク検出部65とを含む。

電圧指令演算部61は、制御部64から信号OPEを受けると、外部ECUから受けたトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいてインバータ入力電圧Vmの最適値（目標値）、すなわち、電圧指令Vdc\_comを演算し、その演算した電圧指令Vdc\_comをコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

また、電圧指令演算部 6 1 は、制御部 6 4 から信号 S T P を受けると、インバータ入力電圧  $V_m$  の目標値を直流電源 B から出力される電圧  $V_b$  に設定するための電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  をコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

- 5     コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧センサー 1 0 から電圧  $V_b$  を受け、電圧センサー 1 3 から電圧  $V_m$  (=インバータ入力電圧) を受け、電圧指令演算部 6 1 から電圧指令  $V_{dc\_com}$  または  $V_{dc\_com\_0}$  を受ける。そして、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 から電圧指令  $V_{dc\_com}$  を受けると、電圧  $V_b$  に基づいて、インバータ入力電圧  $V_m$  を電圧指令演算部 6 1 から出力される電圧指令  $V_{dc\_com}$  に設定するためのデューティ比  $DR_U$  または  $DR_D$  を演算し、その演算したデューティ比  $DR_U$  または  $DR_D$  をコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。
- 10

- インバータ入力電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように電圧  $V_b$  を昇圧する場合、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、インバータ入力電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  よりも低くなると、直流電源 B からインバータ 1 4 側へ直流電流を移動させてインバータ入力電圧  $V_m$  を電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致させるためのデューティ比  $DR_U$  を演算してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力し、インバータ入力電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  よりも高くなると、インバータ 1 4 側から直流電源 B 側へ直流電流を移動させてインバータ
- 15
- 20     入力電圧  $V_m$  を電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致させるためのデューティ比  $DR_D$  を演算してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。このように、コンバータ制御回路 3 0 2 は、インバータ入力電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致するようにフィードバック制御を行なう。

- コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 から電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  を受け、かつ、制御部 6 4 から信号 U S T P を受けると、N P N トランジスタ Q 1, Q 2 のオンデューティを 0 % に設定したデューティ比  $DR\_0$  を演算し、その演算したデューティ比  $DR\_0$  をコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。
- 25

また、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 から電

圧指令Vdc\_\_com\_\_0を受け、かつ、制御部64から信号DSTPを受けると、NPNトランジスタQ1のオンデューティを100%に設定し、かつ、NPNトランジスタQ2のオンデューティを0%に設定したデューティ比DR\_\_100\_\_0を演算し、その演算したデューティ比DR\_\_100\_\_0をコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。

コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DRUに基づいて昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2をオン/オフするための信号PWMUを生成し、その生成した信号PWMUを昇圧コンバータ12へ出力する。

また、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DRDに基づいて昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2をオン/オフするための信号PWMDを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。

さらに、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DR\_\_0またはDR\_\_100\_\_0に基づいて昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止するための信号PWMSを生成し、その生成した信号PWMSを昇圧コンバータ12へ出力する。

この場合、コンバータ用PWM信号変換部63は、デューティ比DR\_\_0に基づいて、NPNトランジスタQ1、Q2のオンデューティを0%に設定した信号PWMS1（信号PWMSの一種）を生成して昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2へ出力する。

また、コンバータ用PWM信号変換部63は、デューティ比DR\_\_100\_\_0に基づいて、NPNトランジスタQ1のオンデューティを100%に設定し、かつ、NPNトランジスタQ2のオンデューティを0%に設定した信号PWMS2（信号PWMSの一種）を生成して昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2へ出力する。

なお、昇圧コンバータ12の下側のNPNトランジスタQ2のオンデューティを大きくすることによりリアクトルL1における電力蓄積が大きくなるため、

より高電圧の出力を得ることができる。一方、上側のNPNトランジスタQ1のオンデューティーを大きくすることにより電源ラインの電圧が下がる。そこで、NPNトランジスタQ1、Q2のデューティー比を制御することで、電源ラインの電圧を直流電源Bの出力電圧以上の任意の電圧に制御可能である。

- 5      制御部64は、ピーク検出部65からのリアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ に基づいて、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するかどうかを判定する。そして、制御部64は、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき信号STPを生成し、その生成した信号STPを電圧指令演算部61へ出力する。また、制御部64は、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないとき信号OPEを生成し、その生成した信号OPEを電圧指令演算部61へ出力する。
- 10

- リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき、制御部64は、電流センサー11からの電源電流 $I_b$ に基づいて、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するのは昇圧動作時か降圧動作時かを判定する。そして、制御部64は、昇圧動作時にリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判定すると、信号USTPを生成してコンバータ用デューティー比演算部62へ出力し、降圧動作時にリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判定すると、信号DSTPを生成してコンバータ用デューティー比演算部62へ出力する。
- 15

- ピーク検出部65は、電流センサー18からのリアクトル電流 $I_L$ に基づいて、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ を検出し、その検出した最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ を制御部64へ出力する。
- 20

- 電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ は、昇圧コンバータ12の出力電圧である電圧 $V_m$ の目標電圧を直流電源Bから出力される電圧 $V_b$ に設定するための指令であるので、コンバータ用デューティー比演算部62は、制御部64から信号USTPを受けると、昇圧コンバータ12の昇圧動作を停止し、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ を電圧 $V_b$ に設定するためのデューティー比 $DR\_0$ を生成する。デューティー比 $DR\_0$ は、NPNトランジスタQ1、Q2のオンデューティーを0%に設定したデューティー比であるので、NPNトランジスタQ1、Q2がオフされることにより、直流電流は、直流電源BからダイオードD1を介してコンデンサC2に供給され、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ は、電圧 $V_b$ に等し
- 25

くなる。したがって、コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61から電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を受け、かつ、制御部64から信号 $US_{TP}$ を受けたとき、デューティ比 $DR\_0$ を生成することにしたものである。

また、コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61から電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を受け、かつ、制御部64から信号 $DSTP$ を受けると、昇圧コンバータ12の降圧動作を停止し、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ を電圧 $V_b$ に設定するためのデューティ比 $DR\_100\_0$ を生成する。デューティ比 $DR\_100\_0$ は、NPNトランジスタQ1のオンデューティを100%に設定し、かつ、NPNトランジスタQ2のオンデューティを0%に設定するデューティ比であるので、NPNトランジスタQ1がオンされ、かつ、NPNトランジスタQ2がオフされることにより、直流電流は、コンデンサC2から直流電源Bへ流れ、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ は、電圧 $V_b$ に等しくなる。したがって、コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61から電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を受け、かつ、制御部64から信号 $DSTP$ を受けたとき、デューティ比 $DR\_100\_0$ を生成することにしたものである。

このように、デューティ比 $DR\_0$ を生成してNPNトランジスタQ1およびQ2をオフすることにより、NPNトランジスタQ1およびQ2のスイッチング動作による昇圧動作を停止でき、デューティ比 $DR\_100\_0$ を生成してNPNトランジスタQ1をオンし、かつ、NPNトランジスタQ2をオフすることにより、NPNトランジスタQ1およびQ2のスイッチング動作による降圧動作を停止できる。

図6は、リアクトル電流 $I_L$ のタイミングチャートである。図6を参照して、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否かを判定する方法について説明する。リアクトル電流 $I_L$ が曲線 $k_1$ または $k_2$ に従うとき、リアクトル電流 $I_L$ は零点と交差しない。この場合、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax1}$ の極性は、リアクトル電流 $I_L$ の最小値 $I_{Lmin1}$ の極性と同じであり、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax2}$ の極性は、リアクトル電流 $I_L$ の最小値 $I_{Lmin2}$ の極性と同じである。



また、リアクトル電流  $I_L$  が曲線  $k_3$  または  $k_4$  に従うとき、リアクトル電流  $I_L$  は零点と交差する。この場合、リアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax3}$  の極性は、リアクトル電流  $I_L$  の最小値  $I_{Lmin3}$  の極性と異なり、リアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax4}$  の極性は、リアクトル電流  $I_L$  の最小値  $I_{Lmin4}$  の極性と異なる。

したがって、制御部 64 は、ピーク検出部 65 から受けたリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  の極性がピーク検出部 65 から受けたリアクトル電流  $I_L$  の最小値  $I_{Lmin}$  の極性と同じであるか否かを判定し、最大値  $I_{Lmax}$  の極性が最小値  $I_{Lmin}$  の極性と同じであるとき、リアクトル電流  $I_L$  は零点と交差しないと判定し、最大値  $I_{Lmax}$  の極性が最小値  $I_{Lmin}$  の極性と異なるとき、リアクトル電流  $I_L$  は零点と交差すると判定する。そして、制御部 64 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定したとき信号  $STP$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。

制御部 64 は、最大値  $I_{Lmax}$  の極性が最小値  $I_{Lmin}$  の極性と同じであると判定したとき、続いて、最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が正か否かを判定する。そして、制御部 64 は、最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が正である場合、昇圧コンバータ 12 は昇圧動作中であると判定し、信号  $OP E$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。また、制御部 64 は、最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が負である場合、昇圧コンバータ 12 は降圧動作中であると判定し、信号  $OP E$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。

なお、最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が正である場合、電源電流  $I_{b1}$  は正であり、最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が負である場合、電源電流  $I_{b2}$  は負であるので、制御部 64 は、最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が正であるか否かの判定に代えて、電流センサー 11 からの電源電流  $I_b$  が正であるか否かを判定してもよい。

また、リアクトル電流  $I_L$  または電源電流  $I_b$  が正であるとは、リアクトル電流  $I_L$  または電源電流  $I_b$  が直流電源 B から昇圧コンバータ 12 の方向へ流れていることを意味し、リアクトル電流  $I_L$  または電源電流  $I_b$  が負であるとは、リアクトル電流  $I_L$  または電源電流  $I_b$  が昇圧コンバータ 12 から直流電源 B の方

向へ流れていることを意味する。

制御部64は、最大値 $I_{Lmax}$ の極性が最小値 $I_{Lmin}$ の極性と異なると判定したとき、すなわち、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判定したとき、続いて、電流センサー11からの電源電流 $I_b$ が正か否かを判定する。そして、

5 制御部64は、電源電流 $I_b$ が正であるとき、すなわち、電源電流 $I_b = I_{b3}$ であるとき、昇圧コンバータ12が昇圧動作中であると判定し、信号 $USTP$ を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。電源電流 $I_b$ が正であるとき、電源電流 $I_b$ は、直流電源Bから昇圧コンバータ12の方向へ流れているので、制御部64は、昇圧コンバータ12が昇圧動作を行なっていると判定  
10 することにしたものである。

また、制御部64は、電源電流 $I_b$ が負であるとき、すなわち、電源電流 $I_b = I_{b4}$ であるとき、昇圧コンバータ12が降圧動作中であると判定し、信号 $DSTP$ を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。電源電流 $I_b$ が負であるとき、電源電流 $I_b$ は、昇圧コンバータ12から直流電源Bの方向へ流れているので、制御部64は、昇圧コンバータ12が降圧動作を行なっていると判定することにしたものである。  
15

このように、制御部64は、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ と電源電流 $I_b$ とに基づいて、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否か、および昇圧コンバータ12が昇圧動作中か降圧動作中かを判定する。

20 図7は、実施の形態1によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図7を参照して、一連の動作が開始されると、コンバータ制御回路302は、外部ECUからトルク指令値 $T_R$ （すなわち、要求トルク）を受ける（ステップS1）。また、コンバータ制御回路302は、外部ECUからモータ回転数 $MRN$ を受け、電圧センサー10から電圧 $V_b$ を受け、電圧センサー13から電圧 $V_m$ を受ける。そして、コンバータ制御回路302の電圧指令演算部61は、トルク指令値 $T_R$ およびモータ回転数 $MRN$ に基づいて、上述した方法によって、電圧指令 $V_{dc\_com}$ を演算し、その演算した電圧指令 $V_{dc\_com}$ をコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。そして、コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61か  
25

らの電圧指令 $V_{dc\_com}$ と、電圧 $V_b$ 、 $V_m$ とに基づいて、上述した方法によってデューティ比 $DRU$ または $DRD$ を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比 $DRU$ または $DRD$ に基づいて信号PWMUまたは信号PWMDを生成し、その生成した信号PWMUまたは信号PWMDを昇圧コンバータ12へ出力する。そして、昇圧コンバータ12は、信号PWMUおよび信号PWMDに応じて、それぞれ、昇圧動作および降圧動作を行なう（ステップS2）。

その後、コンバータ制御回路302のピーク検出部65は、電流センサー18からリアクトル電流 $I_L$ を受け、その受けたリアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ を検出する（ステップS3）。そして、制御部64は、最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ をピーク検出部65から受け、最大値 $I_{Lmax}$ の極性が最小値 $I_{Lmin}$ の極性と同じであるか否かを判定する（ステップS4）。

制御部64は、最大値 $I_{Lmax}$ の極性が最小値 $I_{Lmin}$ の極性と異なると判定すると、信号STPを生成して電圧指令演算部61へ出力する。そして、制御部64は、電流センサー11から電源電流 $I_b$ を受け（ステップS5）、その受けた電源電流 $I_b$ が正か負かを判定する（ステップS6）。

電源電流 $I_b$ が正であるとき、制御部64は、昇圧コンバータ12が昇圧動作を行なっていると判定し、信号USTPを生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。そうすると、電圧指令演算部61は、制御部64からの信号STPに基づいて、電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ と制御部64からの信号USTPとに基づいて、デューティ比 $DR\_0$ を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。そして、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比 $DR\_0$ に基づいて、昇圧動作を停止するための信号PWMS1を生成し、その生成した信号PWMS1を昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302は、

昇圧制御を禁止する（ステップS 7）。

5       そうすると、昇圧コンバータ12は、コンバータ制御回路302からの信号PWMS1に応じて、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止し、インバータ14の動作に必要な直流電流をダイオードD1を介して直流電源BからコンデンサC2に供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS 8）。そして、一連の動作が終了する。

10       一方、ステップS6において、電源電流Ibが負であると判定されたとき、制御部64は、昇圧コンバータ12が降圧動作を行なっていると判定し、信号DSTPを生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。そうすると、電圧指令演算部61は、制御部64からの信号STPに基づいて、電圧指令Vdc\_\_com\_\_0を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令Vdc\_\_com\_\_0と制御部64からの信号DSTPとに基づいて、デューティ比DR\_\_100\_\_0を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。  
15       そして、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DR\_\_100\_\_0に基づいて、降圧動作を停止するための信号PWMS2を生成し、その生成した信号PWMS2を昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302は、降圧制御を禁止する（ステップS9）。

20       そうすると、昇圧コンバータ12は、コンバータ制御回路302からの信号PWMS2に応じて、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止し、NPNトランジスタQ1を介して直流電流をコンデンサC2から直流電源Bに供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS10）。そして、一連の動作が終了する。

25       また、ステップS4において、リアクトル電流ILの最大値ILmaxの極性が最小値ILminの極性と同じであると判定されると、制御部64は、リアクトル電流ILが零点と交差していないと判断する。そして、制御部64は、さらに、最大値ILmaxまたは最小値ILminが正か否かを判定する（ステップS11）。最大値ILmaxまたは最小値ILminが正であるとき、リアクト

ル電流  $I_L$  が正であるので、制御部 64 は、昇圧コンバータ 12 が昇圧動作を行なっていると判定し、信号  $OPE$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。電圧指令演算部 61 は、制御部 64 から信号  $OPE$  を受けると、外部 ECU からのトルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって

5 電圧指令  $V_{dc\_com}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com}$  をコンバータ用デューティ比演算部 62 へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部 62 は、電圧指令演算部 61 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比  $DRU$  を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 63 へ出力する。

10 コンバータ用 PWM 信号変換部 63 は、コンバータ用デューティ比演算部 62 からのデューティ比  $DRU$  に基づいて、信号  $PWMU$  を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 302 は、昇圧制御を許可する（ステップ S12）。

そうすると、昇圧コンバータ 12 において、NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  は、

15 コンバータ制御回路 302 からの信号  $PWMU$  に応じてオン／オフされ、直流電源 B から出力された電圧  $V_b$  を電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように昇圧し、その昇圧した直流電圧をコンデンサ C2 側に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップ S13）。そして、一連の動作が終了する。

一方、ステップ S11 において、リアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  または最小値  $I_{Lmin}$  が負であるとき、リアクトル電流  $I_L$  は負であるので、コン

20 バータ制御回路 302 の制御部 64 は、昇圧コンバータ 12 が降圧動作を行なっていると判定し、信号  $OPE$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。電圧指令演算部 61 は、制御部 64 から信号  $OPE$  を受けると、外部 ECU からのトルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって電圧指令  $V_{dc\_com}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com}$  をコンバー

25 タ用デューティ比演算部 62 へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部 62 は、電圧指令演算部 61 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比  $DRD$  を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 63 へ出力する。

コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DRDに基づいて、信号PWMDを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302は、降圧制御を許可する(ステップS14)。

5       そうすると、昇圧コンバータ12において、NPNトランジスタQ1、Q2は、コンバータ制御回路302からの信号PWMDに応じてオン/オフされ、コンデンサC2の両端の電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com}$ になるように電圧 $V_m$ を降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源Bに供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる(ステップS15)。そして、一連の動作が終了する。

10       このように、コンバータ制御回路302は、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ と、電源電流 $I_b$ とに基づいて、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

15       これにより、昇圧コンバータ12におけるNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング回数の低減によりスイッチング損失を低減できる。

20       なお、コンバータ制御回路302の制御部64は、ステップS4においてリアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ の極性が最小値 $I_{Lmin}$ の極性と異なるとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判定するが、この「リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判定する」ことは、「リアクトル電流 $I_L$ の極性が反転すると判定する」ことに等しい。

25       また、制御部64は、ステップS4においてリアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ の極性が最小値 $I_{Lmin}$ の極性と同じであるとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないと判定するが、この「リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないと判定する」ことは、「リアクトル電流 $I_L$ の極性が反転しないと判定する」

ことに等しい。

再び、図 1 を参照して、モータ駆動装置 100 における全体動作について説明する。全体の動作が開始されると、制御装置 30 は、Hレベルの信号 SE を生成してシステムリレー SR1, SR2 へ出力する。これによりシステムリレー SR1, DR2 はオンされ、直流電源 B は直流電圧をシステムリレー SR1, SR2 を介してコンデンサ C1 に供給する。コンデンサ C1 は、直流電源 B からの直流電圧を平滑化して昇圧コンバータ 12 へ供給する。

電圧センサー 10 は、直流電源 B から出力される電圧 Vb を検出し、その検出した電圧 Vb を制御装置 30 へ出力する。また、電圧センサー 13 は、コンデンサ C2 の両端の電圧 Vm を検出し、その検出した電圧 Vm を制御装置 30 へ出力する。さらに、電流センサー 24 は、交流モータ M1 に流れるモータ電流 MCRT を検出して制御装置 30 へ出力する。そして、制御装置 30 は、外部 ECU からトルク指令値 TR およびモータ回転数 MRN を受ける。

そうすると、制御装置 30 は、電圧 Vb, Vm、モータ電流 MCRT およびトルク指令値 TR に基づいて、上述した方法により信号 PWMI または信号 PWM C を生成し、その生成した信号 PWMI または信号 PWM C をインバータ 14 へ出力する。また、インバータ 14 が交流モータ M1 を駆動するとき、電圧 Vb, Vm、トルク指令値 TR およびモータ回転数 MRN に基づいて、上述した方法により昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1, Q2 をスイッチング制御するための信号 PWMU を生成し、その生成した信号 PWMU を昇圧コンバータ 12 へ出力する。インバータ 14 が交流モータ M1 によって発電された交流電圧を直流電圧に変換するとき、電圧 Vb, Vm、トルク指令値 TR およびモータ回転数 MRN に基づいて、上述した方法により昇圧コンバータ 12 の NPN トランジスタ Q1, Q2 をスイッチング制御するための信号 PWMD を生成し、その生成した信号 PWMD を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、信号 PWMU に応じて、NPN トランジスタ Q2 をオン／オフして直流電源 B から出力される電圧 Vb を昇圧し、その昇圧した直流電圧をコンデンサ C2 に供給する。コンデンサ C2 は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を平滑化してインバータ 14 に供給する。インバータ 14

は、コンデンサC2によって平滑化された直流電圧を制御装置30からの信号PWMIによって交流電圧に変換して交流モータM1を駆動する。これによって、交流モータM1は、トルク指令値TRによって指定されたトルクを発生する。

また、インバータ14は、交流モータM1が発電した交流電圧を制御装置30からの信号PWMCによって直流電圧に変換し、その変換した直流電圧を昇圧コンバータ12へ供給する。昇圧コンバータ12は、インバータ14からの直流電圧を制御装置30からの信号PWMDによって降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源Bに供給して直流電源Bを充電する。

そうすると、電流センサー11は、直流電源Bから出力される電源電流Ibを検出し、その検出した電源電流Ibを制御装置30へ出力する。また、電流センサー18は、リアクトルL1に流れるリアクトル電流ILを検出し、その検出したリアクトル電流ILを制御装置30へ出力する。

そして、制御装置30のコンバータ制御回路302は、リアクトル電流ILに基づいて、リアクトル電流ILの最大値ILmaxおよび最小値ILminを検出し、その検出した最大値ILmaxおよび最小値ILminに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定する。

リアクトル電流ILが零点と交差するとき、コンバータ制御回路302は、さらに、電源電流Ibに基づいて、リアクトル電流ILが零点と交差するのは、昇圧動作時か降圧動作時かを判定する。そして、コンバータ制御回路302は、昇圧動作時にリアクトル電流ILが零点と交差すると判定すると、昇圧動作を停止するための信号PWMS1を生成して昇圧コンバータ12へ出力する。昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1、Q2は、信号PWMS1に応じてオフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による昇圧動作を停止する。また、コンバータ制御回路302は、降圧動作時にリアクトル電流ILが零点と交差すると判定すると、降圧動作を停止するための信号PWMS2を生成して昇圧コンバータ12へ出力する。昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1は、信号PWMS2に応じてオンされ、NPNトランジスタQ2はオフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による降圧動作を停止する。

また、リアクトル電流ILが零点と交差しないとき、コンバータ制御回路30



2は、さらに、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ または最小値 $I_{Lmin}$ が正か否かを判定する。そして、コンバータ制御回路302は、最大値 $I_{Lmax}$ または最小値 $I_{Lmin}$ が正であると判定すると、昇圧動作を許可するための信号PWMUを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1, Q2は、信号PWMUに応じてオン/オフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による昇圧動作を行なう。また、コンバータ制御回路302は、最大値 $I_{Lmax}$ または最小値 $I_{Lmin}$ が負であると判定すると、降圧動作を許可するための信号PWMDを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1, Q2は、信号PWMDに応じてオン/オフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による降圧動作を行なう。

このように、モータ駆動装置100においては、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき、昇圧コンバータ12のNPNトランジスタQ1, Q2は、スイッチング動作を停止するため、NPNトランジスタQ1, Q2のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、スイッチング回数の低減により、スイッチング損失も低減できる。

なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際にはCPU (Central Processing Unit) によって行なわれ、CPUは、図7に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムをROM (Read Only Memory) から読出し、その読出したプログラムを実行して図7に示すフローチャートに従って、昇圧コンバータ12のスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を制御する。したがって、ROMは、図7に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ (CPU) 読取り可能な記録媒体に相当する。

また、上記においては、電源電流 $I_b$ は電流センサー11により検出され、リアクトル電流 $I_L$ は電流センサー18により検出されると説明したが、この発明は、これに限らず、電源電流 $I_b$ およびリアクトル電流 $I_L$ は、電圧センサー13からの電圧 $V_m$ に基づいて演算されてもよい。リアクトル電流 $I_L$ と電圧 $V_m$ との間には、 $V_m = L \times I_L / T$  ( $L$ : リアクトル $L_1$ のインダクタンス、 $T$ :

スイッチング周期) が成立する。電圧  $V_m$  は、電圧センサー 13 により検出されるので既知であり、インダクタンス  $L$  およびスイッチング周期  $T$  も既知である。したがって、リアクトル電流  $I_L$  を演算できる。そして、演算されたリアクトル電流  $I_L$  の平均値が電源電流  $I_b$  に相当する。

- 5       そうすると、演算されたリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  を検出し、その検出した最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  と演算された電源電流  $I_b$  とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かが判定され、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作が停止される。また、リアク
- 10       トル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作が行なわれる。

- この場合、コンバータ制御回路 302 は、演算部をさらに含む。そして、演算部は、インダクタンス  $L$  およびスイッチング周期  $T$  を保持しており、電圧センサー 13 からの電圧  $V_m$  を  $V_m = L \times I_L / T$  に代入してリアクトル電流  $I_L$  を演
- 15       算し、そのリアクトル電流  $I_L$  から電源電流  $I_b$  を演算する。演算部は、演算したリアクトル電流  $I_L$  をピーク検出部 65 へ出力し、電源電流  $I_b$  を制御部 64 へ出力する。

- ピーク検出部 65 は、演算部からのリアクトル電流  $I_L$  に基づいて、最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  を検出し、その検出した最大値  $I_{Lmax}$  およ
- 20       び最小値  $I_{Lmin}$  を制御部 64 へ出力する。

          なお、上記においては、電流センサー 18 は、昇圧コンバータ 12 の内部に設けられると説明したが、この発明においては、これに限らず、電流センサー 18 は、昇圧コンバータ 12 の外部に設けられてもよい。

- また、この実施の形態 1 においては、電源電流  $I_b$  を検出し、その検出した電源電流  $I_b$  が零である場合に NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  のスイッチング動作を停止するようにしてもよい。すなわち、実施の形態 1 においては、電源電流  $I_b$  に基づいて NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  を停止するか否かを判定するようにしてもよい。
- 25

          そして、電源電流  $I_b$  が零である場合に NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  を停止

することにより、スイッチング動作の停止前後における昇圧コンバータ 12 を介した電力授受量が不変であるため、特別な処理を行なうことなく、電力授受のバランスを保つことができる。

この場合、電源電流  $I_b$  に代えて、昇圧コンバータ 12 に印加される電圧を用いてもよい。

その他は、上述したとおりである。

#### [実施の形態 2]

図 8 は、実施の形態 2 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。図 8 を参照して、モータ駆動装置 100A は、モータ駆動装置 100 の電流センサー 11 を削除し、制御装置 30 を制御装置 30A に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置 100 と同じである。

制御装置 30A は、外部 ECU からのトルク指令値  $T_R$  およびモータ回転数  $M_R N$  と、電流センサー 18 からのリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  とに基づいて、後述する方法によってリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定する。そして、制御装置 30A は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

制御装置 30A は、その他、制御装置 30 と同じ機能を果たす。

図 9 は、図 8 に示す制御装置 30A のブロック図である。図 9 を参照して、制御装置 30A は、制御装置 30 のコンバータ制御回路 302 をコンバータ制御回路 302A に代えたものであり、その他は、制御装置 30 と同じである。

コンバータ制御回路 302A は、トルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $M_R N$  およびリアクトル電流  $I_L$  に基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  のスイッチング動作を停止するための信号  $PWMS$  を生成し、その生成した信号  $PWMS$  を昇圧コンバータ 12 へ出力する。そして、コンバータ制御回路 302A は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないと

き、信号PWMUまたは信号PWMDを生成し、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

コンバータ制御回路302Aは、その他、コンバータ制御回路302と同じ機能を果たす。

5 図10は、図9に示すコンバータ制御回路302Aのブロック図である。図10を参照して、コンバータ制御回路302Aは、コンバータ制御回路302の制御部64を制御部64Aに代えたものであり、その他は、コンバータ制御回路302と同じである。

10 制御部64Aは、外部ECUからトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNを受け、その受けたトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、交流モータM1の動作モードが力行モードであるか回生モードであるかを判定する。

より詳細には、制御部64Aは、図4に示すモータのトルクとモータの回転数との関係をマップとして保持しており、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNがマップの領域RG1～RG4のいずれに存在するかによ  
15 って交流モータM1の動作モードが力行モードであるか回生モードであるかを判定する。

より具体的には、制御部64Aは、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNがマップの領域RG1, RG2に存在するとき、交流モータM1の動作モードは力行モードであると判定し、外部ECUからのトルク指令値  
20 TRおよびモータ回転数MRNがマップの領域RG3, RG4に存在するとき、交流モータM1の動作モードは回生モードであると判定する。

そして、制御部64Aは、交流モータM1の動作モードが回生モードであるとき、リアクトル電流ILの最大値ILmaxが零よりも小さいか否かを判定する。制御部64Aは、最大値ILmaxが零よりも小さいとき、信号OPEを生成して電圧指令演算部61へ出力し、最大値ILmaxが零以上であるとき、信号STP  
25 および信号DSTPを生成してそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータデューティ比演算部62へ出力する。

交流モータM1の動作モードが回生モードであるときにリアクトル電流ILの最大値ILmaxが零よりも小さいか否かを判定するのは、交流モータM1の動

作モードが回生モードであるとき、リアクトル電流  $I_L$  は、図 6 に示す曲線  $k_2$  または曲線  $k_4$  に従って変動し、最大値  $I_{Lmax}$  が零よりも小さいときリアクトル電流  $I_L$  は零点と交差せず、最大値  $I_{Lmax}$  が零以上であるときリアクトル電流  $I_L$  は零点と交差するので、最大値  $I_{Lmax}$  が零よりも小さいか否かを判定することにより、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定できるからである。

また、制御部 64A は、交流モータ M1 の動作モードが力行モードであるとき、リアクトル電流  $I_L$  の最小値  $I_{Lmin}$  が零よりも大きいと判定する。制御部 64A は、最小値  $I_{Lmin}$  が零よりも大きいとき、信号 OPE を生成して電圧指令演算部 61 へ出力し、最小値  $I_{Lmin}$  が零以下であるとき、信号 STP および信号 USTP を生成してそれぞれ電圧指令演算部 61 およびコンバータデューティ比演算部 62 へ出力する。

交流モータ M1 の動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流  $I_L$  の最小値  $I_{Lmin}$  が零よりも大きいと判定するのは、交流モータ M1 の動作モードが力行モードであるとき、リアクトル電流  $I_L$  は、図 6 に示す曲線  $k_1$  または曲線  $k_3$  に従って変動し、最小値  $I_{Lmin}$  が零よりも大きいときリアクトル電流  $I_L$  は零点と交差せず、最小値  $I_{Lmin}$  が零以下であるときリアクトル電流  $I_L$  は零点と交差するので、最小値  $I_{Lmin}$  が零よりも大きいと判定することにより、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定できるからである。

図 11 は、実施の形態 2 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図 11 を参照して、一連の動作が開始されると、コンバータ制御回路 302A は、外部 ECU からトルク指令値  $T_R$  (すなわち、要求トルク) およびモータ回転数  $MRN$  を受ける (ステップ S21)。また、コンバータ制御回路 302A は、電圧センサー 10 から電圧  $V_b$  を受け、電圧センサー 13 から電圧  $V_m$  を受ける。そして、コンバータ制御回路 302A の電圧指令演算部 61 は、トルク指令値  $T_R$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって、電圧指令  $V_{dc\_com}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com}$  をコンバータ用デューティ比演算部 62 へ出力す

る。そして、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によってデューティ比 DRU または DRD を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 からのデューティ比 DRU または DRD に基づいて信号 PWMU または信号 PWMD を生成し、その生成した信号 PWMU または信号 PWMD を昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。そして、昇圧コンバータ 1 2 は、信号 PWMU および信号 PWMD に応じて、それぞれ、スイッチング動作による昇圧動作および降圧動作を行なう（ステップ S 2 2）。

その後、コンバータ制御回路 3 0 2 A のピーク検出部 6 5 は、電流センサー 1 8 からリアクトル電流  $I_L$  を受け、その受けたリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  を検出する（ステップ S 2 3）。そして、制御部 6 4 A は、外部 ECU からトルク指令値 TR およびモータ回転数 MRN を受け、その受けたトルク指令値 TR およびモータ回転数 MRN に基づいて、上述した方法によって交流モータ M1 の動作モードが回生モードであるか力行モードであるかを判定する（ステップ S 2 4）。

制御部 6 4 A は、交流モータ M1 の動作モードが回生モードであると判定したとき、さらに、ピーク検出部 6 5 から受けたリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  が零よりも小さいか否かを判定する（ステップ S 2 5）。

制御部 6 4 A は、最大値  $I_{Lmax}$  が零よりも小さいと判定したとき、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差していないと判断し、信号 OPE を生成して電圧指令演算部 6 1 へ出力する。電圧指令演算部 6 1 は、制御部 6 4 A から信号 OPE を受けると、外部 ECU からのトルク指令値 TR およびモータ回転数 MRN に基づいて、上述した方法によって電圧指令  $V_{dc\_com}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com}$  をコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比 DRD を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティ比演算部 6 2

からのデューティ比DRDに基づいて、信号PWMDを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Aは、降圧制御を許可する（ステップS26）。

5       そうすると、昇圧コンバータ12において、NPNトランジスタQ1、Q2は、コンバータ制御回路302Aからの信号PWMDに応じてオン／オフされ、コンデンサC2の両端の電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com}$ になるように電圧 $V_m$ を降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源Bに供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップS27）。そして、一連の動作が終了する。

10       一方、ステップS25において、リアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ が零以上であるとき、制御部64Aは、昇圧コンバータ12の降圧動作時にリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判定し、信号STPおよび信号DSTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号DSTPをそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。電圧指令演算部61は、制御部64Aから信号STPを受けると、電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を演算し、  
15       その演算した電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ をコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ と、制御部64Aからの信号DSTPとに基づいて、上述した方法によって、デューティ比 $DR\_100\_0$ を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比 $DR\_100\_0$ に基づいて、信号PWMS2を生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Aは、降圧制御を禁止する（ステップS28）。

20       そうすると、昇圧コンバータ12において、NPNトランジスタQ1は、コンバータ制御回路302Aからの信号PWMS2に応じてオンされ、NPNトランジスタQ2は信号PWMS2に応じてオフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による降圧動作を停止する。そして、昇圧コンバータ12は、NPNトランジスタQ1を介してコンデンサC2から直流電源Bへ直流電流を供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS29）。そして、一連の動作が終  
25

了する。

また、ステップS 2 4において、交流モータM 1の動作モードが力行モードであると判定されると、コンバータ制御回路3 0 2 Aの制御部6 4 Aは、ピーク検出部6 5から受けたリアクトル電流 $I_L$ の最小値 $I_{Lmin}$ が零よりも大きい  
5 否かを判定する（ステップS 3 0）。

制御部6 4 Aは、最小値 $I_{Lmin}$ が零よりも大きいと判定したとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差していないと判断し、信号OPEを生成して電圧指令演算部6 1へ出力する。電圧指令演算部6 1は、制御部6 4 Aから信号OPEを受けると、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づ  
10 いて、上述した方法によって電圧指令 $V_{dc\_com}$ を演算し、その演算した電圧指令 $V_{dc\_com}$ をコンバータ用デューティ比演算部6 2へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部6 2は、電圧指令演算部6 1からの電圧指令 $V_{dc\_com}$ と、電圧 $V_b$ 、 $V_m$ とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比DRUを生成してコンバータ用PWM信号変換部6 3へ出力する。

15 コンバータ用PWM信号変換部6 3は、コンバータ用デューティ比演算部6 2からのデューティ比DRUに基づいて、信号PWMUを生成して昇圧コンバータ1 2へ出力する。これにより、コンバータ制御回路3 0 2 Aは、昇圧制御を許可する（ステップS 3 1）。

そうすると、昇圧コンバータ1 2において、NPNトランジスタQ 1、Q 2は、  
20 コンバータ制御回路3 0 2 Aからの信号PWMUに応じてオン／オフされ、昇圧コンバータ1 2の出力電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com}$ に一致するように直流電源Bからの直流電圧 $V_b$ を昇圧し、その昇圧した直流電圧をコンデンサC 2に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップS 3 2）。そして、一連の動作が終了する。

25 一方、制御部6 4 Aは、ステップS 3 0においてリアクトル電流 $I_L$ の最小値 $I_{Lmin}$ が零以下であると判定したとき、昇圧コンバータ1 2の昇圧動作時にリアクトル電流 $I_L$ が零点に交差すると判定する。そして、制御部6 4 Aは、信号STPおよび信号USTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号USTPをそれぞれ電圧指令演算部6 1およびコンバータ用デューティ比演算部6



2へ出力する。

そうすると、電圧指令演算部61は、制御部64Aからの信号STPに基づいて、電圧指令Vdc\_com\_0を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令Vdc\_com\_0と制御部64Aからの信号USTPとに基づいて、デューティ比DR\_0を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。そして、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DR\_0に基づいて、信号PWMS1を生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Aは、昇圧制御を禁止する（ステップS33）。

そうすると、昇圧コンバータ12は、コンバータ制御回路302Aからの信号PWMS1に応じて、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止し、インバータ14の動作に必要な直流電流をダイオードD1を介して直流電源BからコンデンサC2に供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS34）。そして、一連の動作が終了する。

このように、コンバータ制御回路302Aは、トルク指令値TRとモータ回転数MRNとに基づいて交流モータM1の動作モードを判定し、その判定した動作モードとリアクトル電流ILの最大値ILmaxおよび最小値ILminとに基づいて、リアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定する。そして、コンバータ制御回路302Aは、リアクトル電流ILが零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流ILが零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

これにより、昇圧コンバータ12におけるNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング回数の低減によりスイッチング損失を低減できる。

なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際にはCPUによって行なわれ、CPUは、図11に示すフローチャートの各

ステップを備えるプログラムをROMから読出し、その読出したプログラムを実行して図11に示すフローチャートに従って、昇圧コンバータ12のスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を制御する。したがって、ROMは、図11に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ(CPU)読取り可能な記録媒体に相当する。

モータ駆動装置100Aの全体動作は、モータ駆動装置100の全体動作のうち、スイッチングノイズを低減させるコンバータ制御回路302の動作を、上述したコンバータ制御回路302Aの動作に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100の動作と同じである。

その他は、実施の形態1と同じである。

#### [実施の形態3]

図12は、実施の形態3によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。図12を参照して、実施の形態3によるモータ駆動装置100Bは、モータ駆動装置100の電流センサー11、18を削除し、制御装置30を制御装置30Bに代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100と同じである。

制御装置30Bは、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、後述する方法により、リアクトル電流ILが零点と交差するかを判定する。そして、制御装置30Bは、リアクトル電流ILが零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流ILが零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

制御装置30Bは、その他、制御装置30と同じ機能を果たす。

図13は、図12に示す制御装置30Bのブロック図である。図13を参照して、制御装置30Bは、制御装置30のコンバータ制御回路302をコンバータ制御回路302Bに代えたものであり、その他は、制御装置30と同じである。

コンバータ制御回路302Bは、トルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流ILが零点と交差するとき、NPNトランジスタQ

1, Q2のスイッチング動作を停止するための信号PWMSを生成し、その生成した信号PWMSを昇圧コンバータ12へ出力する。そして、コンバータ制御回路302Bは、リアクトル電流ILが零点と交差しないとき、信号PWMUまたは信号PWMDを生成し、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

コンバータ制御回路302Bは、その他、コンバータ制御回路302と同じ機能を果たす。

図14は、図13に示すコンバータ制御回路302Bのブロック図である。図14を参照して、コンバータ制御回路302Bは、コンバータ制御回路302の制御部64を制御部64Bに代え、ピーク検出部65を演算部66に代えたものであり、その他は、コンバータ制御回路302と同じである。

演算部66は、外部ECUからトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNを受け、電圧センサー10から電圧Vbを受ける。そして、演算部66は、トルク指令値TRおよびモータ回転数MRNを式(1)に代入して要求パワーPcomを演算する。

$$P_{com} = TR \times MRN \quad \dots(1)$$

そして、演算部66は、要求パワーPcomを式(2)に代入して、交流モータM1が要求パワーPcomを出力するために必要なリアクトル電流ILdc\_comを演算する。

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2}L(IL_{dc\_com})^2 &= P_{com} \\ \hookrightarrow IL_{dc\_com} &= \sqrt{\frac{2P_{com}}{L}} \end{aligned} \right\} \quad \dots(2)$$

但し L:リアクトルのインダクタンス

ILdc\_com:必要なリアクトル電流

また、演算部66は、式(1)により演算した要求パワーPcomを式(3)に代入して昇圧コンバータ12の電圧指令Vdc\_comを演算する。

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2}C(V_{dc\_com})^2 &= P_{com} \\ \hookrightarrow V_{dc\_com} &= \sqrt{\frac{2P_{com}}{C}} \end{aligned} \right\} \quad \dots (3)$$

但し C:インバータ入力側のコンデンサの容量

V<sub>dc\_com</sub>:昇圧コンバータの電圧指令値

そして、演算部66は、式(3)により演算した電圧指令V<sub>dc\_com</sub>と電  
 5 圧センサー10から受けた電圧V<sub>b</sub>とを式(4)に代入して電圧変換比EXRを  
 演算する。

$$EXR = \frac{V_{dc\_com}}{V_b} \quad \dots (4)$$

さらに、演算部66は、式(2)により演算した必要なリアクトル電流I<sub>Ldc\_com</sub>  
 10 c\_comと、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比D  
 R(デューティ比DR<sub>U</sub>またはDR<sub>D</sub>)とを式(5)に代入して、交流モータ  
 M1が要求パワーP<sub>com</sub>を出力するために必要な電源電流I<sub>bdc\_com</sub>を  
 演算する。

$$I_{Ldc\_com} = I_{bdc\_com} \times DR \quad \dots (5)$$

但し DR:トランジスタQ2のオンデューティ

15 なお、必要な電源電流I<sub>bdc\_com</sub>は、NPNトランジスタQ1, Q2の  
 1つの制御周期に流れる電流である。

そして、演算部66は、演算した電圧変換比EXRと必要な電源電流I<sub>bdc\_com</sub>  
 \_\_comとを制御部64Bへ出力する。

20 制御部64Bは、外部ECUからトルク指令値TRおよびモータ回転数MRN  
 を受け、演算部66から電圧変換比EXRおよび必要な電源電流I<sub>bdc\_com</sub>  
 mを受ける。

また、制御部64Bは、昇圧比と電源電流I<sub>b</sub>との関係を示すマップおよび降  
 25 圧比と電源電流I<sub>b</sub>との関係を示すマップを保持している。図15は、昇圧比と  
 電源電流I<sub>b</sub>との関係を示す図である。また、図16は、降圧比と電源電流I<sub>b</sub>  
 との関係を示す図である。

図15を参照して、 $I_{bref1}$ は、正の臨界電流値を表わす。そして、正の臨界電流値 $I_{bref1}$ は、交流モータM1の動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するときの必要な電源電流 $I_{bdc\_com}$ の電流値である。

- 5 電源電流 $I_b$ が正の臨界電流値 $I_{bref1}$ 以下のとき、昇圧比は直線 $k_5$ に従って一定値を保持する。そして、電源電流 $I_b$ が正の臨界電流値 $I_{bref1}$ よりも大きくなると、昇圧比は、直線 $k_6$ と直線 $k_7$ とによって囲まれる領域RG5に存在する。

- 10 図16を参照して、 $I_{bref2}$ は、負の臨界電流値を表わす。そして、負の臨界電流値 $I_{bref2}$ は、交流モータM1の動作モードが回生モードであるときにリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するときの必要な電源電流 $I_{bdc\_com}$ の電流値である。

- 電源電流 $I_b$ が負の臨界電流値 $I_{bref2}$ 以上のとき、降圧比は直線 $k_8$ に従って一定値を保持する。そして、電源電流 $I_b$ が負の臨界電流値 $I_{bref2}$   
15 よりも小さくなると、降圧比は、直線 $k_9$ と直線 $k_{10}$ とによって囲まれる領域RG6に存在する。

そして、制御部64Bは、図15に示すマップおよび図16に示すマップを保持している。

- 制御部64Bは、トルク指令値 $T_R$ およびモータ回転数 $MRN$ に基づいて、上  
20 述した方法によって交流モータM1の動作モードが回生モードであるか力行モードであるかを判定する。そして、制御部64Bは、交流モータM1の動作モードが力行モードであるとき、演算部66から受けた電圧変換比 $EXR$ （この場合は昇圧比）および必要な電源電流 $I_{bdc\_com}$ が図15に示すマップの直線 $k_5$ 上に存在するか領域RG5に存在するかを判定する。

- 25 制御部64Bは、電圧変換比 $EXR$ および必要な電源電流 $I_{bdc\_com}$ が直線 $k_5$ 上に存在すると判定したとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判断し、電圧変換比 $EXR$ および必要な電源電流 $I_{bdc\_com}$ が領域RG5に存在すると判定したとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差していないと判断する。

電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が直線  $k 5$  上に存在すると判定することは、必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が正の臨界電流値  $I b r e f 1$  よりも大きいか否かを判定し、必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が正の臨界電流値  $I b r e f 1$  以下であると判定することに相当する。また、電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が領域  $R G 5$  に存在すると判定

5 することは、必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が正の臨界電流値  $I b r e f 1$  よりも大きいか否かを判定し、必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が正の臨界電流値  $I b r e f 1$  よりも大きいと判定することに相当する。

制御部 6 4 B は、電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が直線  $k 5$  上に存在すると判定したとき、信号  $S T P$  および信号  $U S T P$  を生成し、その生成した信号  $S T P$  および信号  $U S T P$  をそれぞれ電圧指令演算部 6 1 およびコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

10

また、制御部 6 4 B は、電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が領域  $R G 5$  に存在すると判定したとき、信号  $O P E$  を生成して電圧指令演算部 6 1 へ出力する。

15

一方、交流モータ  $M 1$  の動作モードが回生モードであるとき、制御部 6 4 B は、演算部 6 6 から受けた電圧変換比  $E X R$  (この場合は降圧比) および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が図 1 6 に示すマップの直線  $k 8$  上に存在するか領域  $R G 6$  に存在するかを判定する。

制御部 6 4 B は、電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が直線  $k 8$  上に存在すると判定したとき、リアクトル電流  $I L$  が零点と交差すると判断し、電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が領域  $R G 6$  に存在すると判定したとき、リアクトル電流  $I L$  が零点と交差していないと判断する。

20

電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が直線  $k 8$  上に存在すると判定することは、必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が負の臨界電流値  $I b r e f 2$  よりも小さいか否かを判定し、必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が負の臨界電流値  $I b r e f 2$  以上であると判定することに相当する。また、電圧変換比  $E X R$  および必要な電源電流  $I b d c\_c o m$  が領域  $R G 6$  に存在すると判定

25

することは、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が負の臨界電流値  $I_{brf2}$  よりも小さいか否かを判定し、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が負の臨界電流値  $I_{brf2}$  よりも小さいと判定することに相当する。

5 制御部 64B は、電圧変換比  $EXR$  および必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が直線  $k8$  上に存在すると判定したとき、信号  $STP$  および信号  $DSTP$  を生成し、その生成した信号  $STP$  および信号  $DSTP$  をそれぞれ電圧指令演算部 61 およびコンバータ用デューティ比演算部 62 へ出力する。

10 また、制御部 64B は、電圧変換比  $EXR$  および必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が領域  $RG6$  に存在すると判定したとき、信号  $OPE$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。

なお、コンバータ制御回路 302B においては、コンバータ用デューティ比演算部 62 は、演算したデューティ比  $DRU$  および  $DRD$  をコンバータ用 PWM 信号変換部 63 および演算部 66 へ出力する。

15 図 17 は、実施の形態 3 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図 17 を参照して、一連の動作が開始されると、コンバータ制御回路 302B は、外部 ECU からトルク指令値  $TR$  (すなわち、要求トルク) およびモータ回転数  $MRN$  を受ける (ステップ  $S41$ )。そして、コンバータ制御回路 302B の演算部 66 は、トルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  および電圧変換比  $EXR$  を演算して制御部 64B へ出力する。  
20 これにより、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  およびモータ回転数  $MRN$  が決定される (ステップ  $S42$ )。

そして、制御部 64B は、外部 ECU からトルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  を受け、その受けたトルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって交流モータ  $M1$  の動作モードが回生モードであるか力行モードであるかを判定する (ステップ  $S43$ )。

25 制御部 64B は、交流モータ  $M1$  の動作モードが回生モードであると判定したとき、さらに、図 16 に示すマップを参照して、演算部 66 から受けた必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  および電圧変換比  $EXR$  が直線  $k8$  上に存在するか領域

RG 6に存在するかを判定することにより、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  が負の臨界電流値  $I_{bref2}$  よりも小さいか否かを判定する（ステップS44）。

制御部64Bは、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  が負の臨界電流値  $I_{bref2}$  よりも小さいと判定したとき、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差していないと判断し、信号OPEを生成して電圧指令演算部61へ出力する。電圧指令演算部61は、制御部64Bから信号OPEを受けると、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、上述した方法によって電圧指令  $V_{dc\_com}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com}$  をコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比DRDを生成してコンバータ用PWM信号変換部63および演算部66へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DRDに基づいて、信号PWMDを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Bは、降圧制御を許可する（ステップS45）。

そうすると、昇圧コンバータ12において、NPNトランジスタQ1、Q2は、コンバータ制御回路302Bからの信号PWMDに応じてオン/オフされ、コンデンサC2の両端の電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように電圧  $V_m$  を降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源Bに供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップS46）。そして、一連の動作が終了する。

一方、ステップS44において、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  が負の臨界電流値  $I_{bref2}$  以上であるとき、制御部64Bは、昇圧コンバータ12の降圧動作時にリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定し、信号STPおよび信号DSTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号DSTPをそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。電圧指令演算部61は、制御部64Bから信号STPを受けると、電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  をコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。



コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  と、制御部 6 4 B からの信号  $DSTP$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比  $DR\_100\_0$  を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 からのデューティ比  $DR\_100\_0$  に基づいて、信号  $PWMS\ 2$  を生成して昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 B は、降圧制御を禁止する（ステップ S 4 7）。

そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ  $Q\ 1$  は、コンバータ制御回路 3 0 2 B からの信号  $PWMS\ 2$  に応じてオンされ、NPN トランジスタ  $Q\ 2$  は信号  $PWMS\ 2$  に応じてオフされ、昇圧コンバータ 1 2 は、スイッチング動作による降圧動作を停止する。そして、昇圧コンバータ 1 2 は、NPN トランジスタ  $Q\ 1$  を介してコンデンサ  $C\ 2$  から直流電源  $B$  へ直流電流を供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップ S 4 8）。そして、一連の動作が終了する。

また、ステップ S 4 3 において、交流モータ  $M\ 1$  の動作モードが力行モードであると判定されると、コンバータ制御回路 3 0 2 B の制御部 6 4 B は、さらに、図 1 5 に示すマップを参照して、演算部 6 6 から受けた必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  および電圧変換比  $EXR$  が直線  $k\ 5$  上に存在するか領域  $RG\ 5$  に存在するかを判定することにより、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が正の臨界電流値  $I_{bref\ 1}$  よりも大きいかな否かを判定する（ステップ S 4 9）。

制御部 6 4 B は、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が正の臨界電流値  $I_{bref\ 1}$  よりも大きいと判定したとき、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差していないと判断し、信号  $OPE$  を生成して電圧指令演算部 6 1 へ出力する。電圧指令演算部 6 1 は、制御部 6 4 B から信号  $OPE$  を受けると、外部 ECU からのトルク指令値  $TR$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって電圧指令  $V_{dc\_com}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com}$  をコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デ

ユーティティー比DRUを生成してコンバータ用PWM信号変換部63および演算部66へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DRUに基づいて、信号PWMUを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Bは、昇圧制御を許可する（ステップS50）。

そうすると、昇圧コンバータ12において、NPNトランジスタQ1、Q2は、コンバータ制御回路302Bからの信号PWMUに応じてオン／オフされ、昇圧コンバータ12の出力電圧Vmが電圧指令Vdc\_\_comに一致するように直流電源Bからの直流電圧Vbを昇圧し、その昇圧した直流電圧をコンデンサC2に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップS51）。そして、一連の動作が終了する。

一方、制御部64Bは、ステップS49において必要な電源電流Ibdc\_\_comが正の臨界電流値Ibref1以下であると判定したとき、昇圧コンバータ12の昇圧動作時にリアクトル電流ILが零点に交差すると判定する。そして、制御部64Bは、信号STPおよび信号USTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号USTPをそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

そうすると、電圧指令演算部61は、制御部64Bからの信号STPに基づいて、電圧指令Vdc\_\_com\_\_0を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令Vdc\_\_com\_\_0と制御部64Bからの信号USTPとに基づいて、デューティ比DR\_\_0を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。そして、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DR\_\_0に基づいて、スイッチング動作による昇圧動作を停止するための信号PWMS1を生成し、その生成した信号PWMS1を昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Bは、昇圧制御を禁止する（ステップS52）。

そうすると、昇圧コンバータ12は、コンバータ制御回路302Bからの信号PWMS1に応じて、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止

し、インバータ 1 4 の動作に必要な直流電流をダイオード D 1 を介して直流電源 B からコンデンサ C 2 に供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップ S 5 3）。そして、一連の動作が終了する。

5       このように、コンバータ制御回路 3 0 2 B は、トルク指令値 T R と、モータ回転数 M R N とに基づいて交流モータ M 1 の動作モードを判定し、その判定した動作モードと必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  および電圧変換比 E X R とに基づいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定する。そして、コンバータ制御回路 3 0 2 B は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ 1 2 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 1 2 を制御する。

10       これにより、昇圧コンバータ 1 2 における N P N トランジスタ Q 1, Q 2 のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、N P N トランジスタ Q 1, Q 2 のスイッチング回数の低減によりスイッチング損失を低減できる。

15       なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際には C P U によって行なわれ、C P U は、図 1 7 に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを R O M から読出し、その読出したプログラムを実行して図 1 7 に示すフローチャートに従って、昇圧コンバータ 1 2 のスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を制御する。したがって、R O M は、図 1 7 に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ（C P U）読取り可能な記録媒体に相当する。

20       モータ駆動装置 1 0 0 B の全体動作は、モータ駆動装置 1 0 0 の全体動作のうち、スイッチングノイズを低減させるコンバータ制御回路 3 0 2 の動作を、上述したコンバータ制御回路 3 0 2 B の動作に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置 1 0 0 の動作と同じである。

25       なお、この実施の形態 3 においては、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  が「0」であるか否かを判定し、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  が零である場合に N P N トランジスタ Q 1, Q 2 のスイッチング動作を停止するようにしてもよ

い。すなわち、実施の形態3においては、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  に基づいてNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止するか否かを判定するようにしてもよい。

そして、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が零である場合にNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止するにより、スイッチング動作の停止前後における昇圧コンバータ12を介した電力授受量が不変であるため、特別な処理を行なうことなく、電力授受のバランスを保つことができる。

その他は、実施の形態1と同じである。

#### [実施の形態4]

図18は、実施の形態4によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。図18を参照して、実施の形態4によるモータ駆動装置100Cは、モータ駆動装置100の電流センサー11、18を削除し、制御装置30を制御装置30Cに代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100と同じである。

制御装置30Cは、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、後述する方法によってリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定する。そして、制御装置30Cは、リアクトル電流ILが零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流ILが零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

制御装置30Cは、その他、制御装置30と同じ機能を果たす。

図19は、図18に示す制御装置30Cのブロック図である。図19を参照して、制御装置30Cは、制御装置30のコンバータ制御回路302をコンバータ制御回路302Cに代えたものであり、その他は、制御装置30と同じである。

コンバータ制御回路302Cは、トルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流ILが零点と交差するとき、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止するための信号PWMSを生成し、その生成した信号PWMSを昇圧コンバータ12へ出力する。そして、コンバータ制御回

路 302Cは、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、信号 PWMU または信号 PWMD を生成し、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

コンバータ制御回路 302C は、その他、コンバータ制御回路 302 と同じ機能を果たす。

図 20 は、図 19 に示すコンバータ制御回路 302C のブロック図である。図 20 を参照して、コンバータ制御回路 302C は、コンバータ制御回路 302 の制御部 64 を制御部 64C に代え、ピーク検出部 65 を演算部 66A に代えたものであり、その他は、コンバータ制御回路 302 と同じである。

演算部 66A は、外部 ECU からトルク指令値  $T_R$  およびモータ回転数  $MRN$  を受け、電圧センサー 10 から電圧  $V_b$  を受ける。そして、演算部 66A は、トルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $MRN$  および電圧  $V_b$  に基づいて、上述した式 (1)、(3) および (4) を用いて電圧変換比  $EXR$  を演算し、その演算した電圧変換比  $EXR$  を制御部 64C へ出力する。

制御部 64C は、外部 ECU からトルク指令値  $T_R$  およびモータ回転数  $MRN$  を受け、演算部 66A から電圧変換比  $EXR$  を受ける。また、制御部 64C は、昇圧比と要求トルク（すなわち、トルク指令値  $T_R$ 、以下同じ）との関係を示すマップおよび降圧比と要求トルクとの関係を示すマップを保持している。図 21 は、昇圧比と要求トルクとの関係を示す図である。また、図 22 は、降圧比と要求トルクとの関係を示す図である。

図 21 を参照して、 $T_{Rref1}$  は、正の臨界トルク値を表わす。そして、正の臨界トルク値  $T_{Rref1}$  は、交流モータ M1 の動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

要求トルクが正の臨界トルク値  $T_{Rref1}$  以下のとき、昇圧比は直線  $k_{11}$  に従って一定値を保持する。そして、要求トルク  $T_R$  が正の臨界トルク値  $T_{Rref1}$  よりも大きくなると、昇圧比は、直線  $k_{12}$  と直線  $k_{13}$  とによって囲まれる領域 RG7 に存在する。

図 22 を参照して、 $T_{Rref2}$  は、負の臨界トルク値を表わす。そして、負

の臨界トルク値 $TR_{ref2}$ は、交流モータM1の動作モードが回生モードであるときにリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

5 要求トルクが負の臨界トルク値 $TR_{ref2}$ 以上のとき、降圧比は直線 $k14$ に従って一定値を保持する。そして、要求トルクが負の臨界トルク値 $TR_{ref2}$ よりも小さくなると、降圧比は、直線 $k15$ と直線 $k16$ とによって囲まれる領域RG8に存在する。

そして、制御部64Cは、図21に示すマップおよび図22に示すマップを保持している。

10 制御部64Cは、トルク指令値 $TR$ （すなわち、要求トルク）およびモータ回転数 $MRN$ に基づいて、上述した方法によって交流モータM1の動作モードが回生モードであるか力行モードであるかを判定する。そして、制御部64Cは、交流モータM1の動作モードが力行モードであるとき、外部ECUからの要求トルク（以下、「要求トルク $TR_{dc\_com}$ 」と表す）および演算部66Aからの  
15 電圧変換比 $EXR$ （この場合は、昇圧比）が図21に示すマップの直線 $k11$ 上に存在するか領域RG7に存在するかを判定する。

制御部64Cは、要求トルク $TR_{dc\_com}$ および電圧変換比 $EXR$ が直線 $k11$ 上に存在すると判定したとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差すると判断し、要求トルク $TR_{dc\_com}$ および電圧変換比 $EXR$ が領域RG7に存在  
20 すると判定したとき、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差していないと判断する。

要求トルク $TR_{dc\_com}$ および電圧変換比 $EXR$ が直線 $k11$ 上に存在すると判定することは、要求トルク $TR_{dc\_com}$ が正の臨界トルク値 $TR_{ref1}$ よりも大きい  
25 かどうかを判定し、要求トルク $TR_{dc\_com}$ が正の臨界トルク値 $TR_{ref1}$ 以下であると判定することに相当する。また、要求トルク $TR_{dc\_com}$ および電圧変換比 $EXR$ が領域RG7に存在すると判定することは、要求トルク $TR_{dc\_com}$ が正の臨界トルク値 $TR_{ref1}$ よりも大きい  
25 かどうかを判定し、要求トルク $TR_{dc\_com}$ が正の臨界トルク値 $TR_{ref1}$ よりも大きいと判定することに相当する。

制御部64Cは、要求トルク $TR_{dc\_com}$ および電圧変換比 $EXR$ が直線

k 1 1 上に存在すると判定したとき、信号 S T P および信号 U S T P を生成し、その生成した信号 S T P および信号 U S T P をそれぞれ電圧指令演算部 6 1 およびコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

5 また、制御部 6 4 C は、要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が領域 R G 7 に存在すると判定したとき、信号 O P E を生成して電圧指令演算部 6 1 へ出力する。

10 一方、交流モータ M 1 の動作モードが回生モードであるとき、制御部 6 4 C は、外部 E C U から受けた要求トルク  $T R d c\_c o m$  および演算部 6 6 A から受けた電圧変換比  $E X R$  (この場合、降圧比) が図 2 2 に示すマップの直線 k 1 4 上に存在するか領域 R G 8 に存在するかを判定する。

制御部 6 4 C は、要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が直線 k 1 4 上に存在すると判定したとき、リアクトル電流  $I L$  が零点と交差すると判断し、要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が領域 R G 8 に存在すると判定したとき、リアクトル電流  $I L$  が零点と交差していないと判断する。

15 要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が直線 k 1 4 上に存在すると判定することは、要求トルク  $T R d c\_c o m$  が負の臨界トルク値  $T R r e f 2$  よりも小さいか否かを判定し、要求トルク  $T R d c\_c o m$  が負の臨界トルク値  $T R r e f 2$  以上であると判定することに相当する。また、要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が領域 R G 8 に存在すると判定することは、  
20 要求トルク  $T R d c\_c o m$  が負の臨界トルク値  $T R r e f 2$  よりも小さいか否かを判定し、要求トルク  $T R d c\_c o m$  が負の臨界トルク値  $T R r e f 2$  よりも小さいと判定することに相当する。

25 制御部 6 4 C は、要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が直線 k 1 4 上に存在すると判定したとき、信号 S T P および信号 D S T P を生成し、その生成した信号 S T P および信号 D S T P をそれぞれ電圧指令演算部 6 1 およびコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

また、制御部 6 4 C は、要求トルク  $T R d c\_c o m$  および電圧変換比  $E X R$  が領域 R G 8 に存在すると判定したとき、信号 O P E を生成して電圧指令演算部 6 1 へ出力する。

図23は、実施の形態4によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図23を参照して、一連の動作が開始されると、コンバータ制御回路302Cは、外部ECUから要求トルク $TRdc\_com$ およびモータ回転数 $MRN$ を受ける（ステップS61）。また、コンバータ制御回路302Cは、電圧センサー10から電圧 $Vb$ を受ける。そして、コンバータ制御回路302Cの演算部66Aは、要求トルク $TRdc\_com$ 、モータ回転数 $MRN$ および電圧 $Vb$ に基づいて、上述した方法によって電圧変換比 $EXR$ を演算して制御部64Cへ出力する。

そうすると、制御部64Cは、要求トルク $TRdc\_com$ およびモータ回転数 $MRN$ に基づいて、上述した方法によって、交流モータM1の動作モードが力行モードであるか回生モードであるかを判定する（ステップS62）。

そして、制御部64Cは、交流モータM1の動作モードが回生モードであると判定したとき、さらに、図22に示すマップを参照して、外部ECUから受けた要求トルク $TRdc\_com$ および電圧変換比 $EXR$ が直線 $k14$ 上に存在するか領域 $RG8$ に存在するかを判定することにより、要求トルク $TRdc\_com$ が負の臨界トルク値 $TRref2$ よりも小さいか否かを判定する（ステップS63）。

制御部64Cは、要求トルク $TRdc\_com$ が負の臨界トルク $TRref2$ よりも小さいと判定したとき、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差していないと判断し、信号 $OPE$ を生成して電圧指令演算部61へ出力する。電圧指令演算部61は、制御部64Cから信号 $OPE$ を受けると、外部ECUからの要求トルク $TRdc\_com$ およびモータ回転数 $MRN$ に基づいて、上述した方法によって電圧指令 $Vdc\_com$ を演算し、その演算した電圧指令 $Vdc\_com$ をコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令 $Vdc\_com$ と、電圧 $Vb$ 、 $Vm$ とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比 $DRD$ を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比 $DRD$ に基づいて、信号 $PWMD$ を生成して昇圧コンバー



タ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 C は、降圧制御を許可する (ステップ S 6 4)。

5 そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ Q 1, Q 2 は、コンバータ制御回路 3 0 2 C からの信号 P W M D に応じてオン/オフされ、コンデンサ C 2 の両端の電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように電圧  $V_m$  を降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源 B に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる (ステップ S 6 5)。そして、一連の動作が終了する。

10 一方、ステップ S 6 3 において、要求トルク  $T_{Rdc\_com}$  が負の臨界トルク値  $T_{Rref2}$  以上であるとき、制御部 6 4 C は、昇圧コンバータ 1 2 の降圧動作時にリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定し、信号 S T P および信号 D S T P を生成し、その生成した信号 S T P および信号 D S T P をそれぞれ電圧指令演算部 6 1 およびコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。電圧指令演算部 6 1 は、制御部 6 4 C から信号 S T P を受けると、電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  をコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

15 コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  と、制御部 6 4 C からの信号 D S T P とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比  $DR\_100\_0$  を生成してコンバータ用 P W M 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 P W M 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 からのデューティ比  $DR\_100\_0$  に基づいて、信号 P W M S 2 を生成して昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 C は、降圧制御を禁止する (ステップ S 6 6)。

20 そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ Q 1 は、コンバータ制御回路 3 0 2 C からの信号 P W M S 2 に応じてオンされ、NPN トランジスタ Q 2 は信号 P W M S 2 に応じてオフされ、昇圧コンバータ 1 2 は、スイッチング動作による降圧動作を停止する。そして、昇圧コンバータ 1 2 は、NPN トランジスタ Q 1 を介してコンデンサ C 2 から直流電源 B へ直流電流を供給する。すなわち、電流制御が行なわれる (ステップ S 6 7)。そして、一連の動作が終了する。

また、ステップS 6 2において、交流モータM 1の動作モードが力行モードであると判定されると、コンバータ制御回路3 0 2 Cの制御部6 4 Cは、さらに、図2 1に示すマップを参照して、外部E C Uから受けた要求トルク $TRdc\_com$ および演算部6 6 Aから受けた電圧変換比EXRが直線k 1 1上に存在するか領域RG 7に存在するかを判定することにより、要求トルク $TRdc\_com$ が正の臨界トルク値 $TRref1$ よりも大きいかなかを判定する（ステップS 6 8）。

制御部6 4 Cは、要求トルク $TRdc\_com$ が正の臨界トルク値 $TRref1$ よりも大きいと判定したとき、リアクトル電流ILが零点と交差していないと判断し、信号OPEを生成して電圧指令演算部6 1へ出力する。電圧指令演算部6 1は、制御部6 4 Cから信号OPEを受けると、外部E C Uからの要求トルク $TRdc\_com$ およびモータ回転数MRNに基づいて、上述した方法によって電圧指令 $Vdc\_com$ を演算し、その演算した電圧指令 $Vdc\_com$ をコンバータ用デューティ比演算部6 2へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部6 2は、電圧指令演算部6 1からの電圧指令 $Vdc\_com$ と、電圧Vb、Vmとに基づいて、上述した方法によって、デューティ比DRUを生成してコンバータ用PWM信号変換部6 3へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部6 3は、コンバータ用デューティ比演算部6 2からのデューティ比DRUに基づいて、信号PWMUを生成して昇圧コンバータ1 2へ出力する。これにより、コンバータ制御回路3 0 2 Cは、昇圧制御を許可する（ステップS 6 9）。

そうすると、昇圧コンバータ1 2において、NPNトランジスタQ 1、Q 2は、コンバータ制御回路3 0 2 Cからの信号PWMUに応じてオン／オフされ、昇圧コンバータ1 2の出力電圧Vmが電圧指令 $Vdc\_com$ に一致するように直流電源Bからの直流電圧Vbを昇圧し、その昇圧した直流電圧をコンデンサC 2に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップS 7 0）。そして、一連の動作が終了する。

一方、制御部6 4 Cは、ステップS 6 8において要求トルク $TRdc\_com$ が正の臨界トルク値 $TRref1$ 以下であると判定したとき、昇圧コンバータ1

2の昇圧動作時にリアクトル電流 $I_L$ が零点に交差すると判定する。そして、制御部64Cは、信号STPおよび信号USTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号USTPをそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

5       そうすると、電圧指令演算部61は、制御部64Cからの信号STPに基づいて、電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ と制御部64Cからの信号USTPとに基づいて、デューティ比 $DR\_0$ を生成してコンバータ用PWM信号変換部63  
10       へ出力する。そして、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比 $DR\_0$ に基づいて、スイッチング動作による昇圧動作を停止するための信号PWMS1を生成し、その生成した信号PWMS1を昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Cは、昇圧制御を禁止する（ステップS71）。

15       そうすると、昇圧コンバータ12は、コンバータ制御回路302Cからの信号PWMS1に応じて、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止し、インバータ14の動作に必要な直流電流をダイオードD1を介して直流電源BからコンデンサC2に供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS72）。そして、一連の動作が終了する。

20       このように、コンバータ制御回路302Cは、トルク指令値TRと、モータ回転数MRNとに基づいて交流モータM1の動作モードを判定し、その判定した動作モードと要求トルク $TR_{dc\_com}$ および電圧変換比EXRとに基づいてリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否かを判定する。そして、コンバータ制御回路302Cは、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき、スイッチング動作  
25       による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

これにより、昇圧コンバータ12におけるNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、NPNト

ランジスタQ1, Q2のスイッチング回数の低減によりスイッチング損失を低減できる。

5      なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際にはCPUによって行なわれ、CPUは、図23に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムをROMから読出し、その読出したプログラムを実行して図23に示すフローチャートに従って、昇圧コンバータ12のスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を制御する。したがって、ROMは、図23に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ(CPU)読取り可能な記録媒体に相当する。

10      モータ駆動装置100Cの全体動作は、モータ駆動装置100の全体動作のうち、スイッチングノイズを低減させるコンバータ制御回路302の動作を、上述したコンバータ制御回路302Cの動作に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100の動作と同じである。

その他は、実施の形態1と同じである。

15      [実施の形態5]

図24は、実施の形態5によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。図24を参照して、実施の形態5によるモータ駆動装置100Dは、モータ駆動装置100の電流センサー11, 18を削除し、制御装置30を制御装置30Dに代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100と同じである。

20      制御装置30Dは、外部ECUからのトルク指令値TR、モータ回転数MRNおよびアクセル開度ACCに基づいて、後述する方法によってリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定する。そして、制御装置30Dは、リアクトル電流ILが零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流ILが零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

25      制御装置30Dは、その他、制御装置30と同じ機能を果たす。

図25は、図24に示す制御装置30Dのブロック図である。図25を参照して、制御装置30Dは、制御装置30のコンバータ制御回路302をコンバータ

制御回路 302D に代えたものであり、その他は、制御装置 30 と同じである。

コンバータ制御回路 302D は、トルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $MRN$  およびアクセル開度  $ACC$  に基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、  
5 NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  のスイッチング動作を停止するための信号  $PWMS$  を生成し、その生成した信号  $PWMS$  を昇圧コンバータ 12 へ出力する。そして、コンバータ制御回路 302D は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、信号  $PWMU$  または信号  $PWMD$  を生成し、昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

10 コンバータ制御回路 302D は、その他、コンバータ制御回路 302 と同じ機能を果たす。

図 26 は、図 25 に示すコンバータ制御回路 302D のブロック図である。図 26 を参照して、コンバータ制御回路 302D は、コンバータ制御回路 302 の制御部 64 を制御部 64D に代え、ピーク検出部 65 を演算部 66 に代えたものであり、その他は、コンバータ制御回路 302 と同じである。  
15

演算部 66 は、上述したように、トルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $MRN$  およびデューティ比  $DR$  ( $=DRU$  または  $DRD$ ) に基づいて、上述した式 (1) ~ (5) を用いて必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  および電圧変換比  $EXR$  を演算し、その演算した必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  および電圧変換比  $EXR$  を  
20 制御部 64D へ出力する。

制御部 64D は、外部 ECU からトルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $MRN$  およびアクセル開度  $ACC$  を受け、演算部 66 から必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  および電圧変換比  $EXR$  を受ける。また、制御部 64D は、昇圧比とアクセル開度との関係を示すマップおよび降圧比と必要な電源電流との関係を示すマップを  
25 保持している。図 27 は、昇圧比とアクセル開度との関係を示す図である。

図 27 を参照して、 $ACC_{ref1}$  は、臨界アクセル開度値を表わす。そして、臨界アクセル開度値  $ACC_{ref1}$  は、交流モータ  $M1$  の動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときのアクセル開度  $ACC$  の値である。

アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1以下のとき、昇圧比は直線k17に従って一定値を保持する。そして、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1よりも大きくなると、昇圧比は、直線k18と直線k19とによって囲まれる領域RG9に存在する。

5       そして、制御部64Dは、図16に示すマップおよび図27に示すマップを保持している。

10       制御部64Dは、トルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、上述した方法によって交流モータM1の動作モードが回生モードであるか力行モードであるかを判定する。そして、制御部64Dは、交流モータM1の動作モードが力行モードであるとき、外部ECUからのアクセル開度ACCおよび演算部66からの電圧変換比EXR（この場合は、昇圧比）が図27に示すマップの直線k17上に存在するか領域RG9に存在するかを判定する。

15       制御部64Dは、アクセル開度ACCおよび電圧変換比EXRが直線k17上に存在すると判定したとき、リアクトル電流ILが零点と交差すると判断し、アクセル開度ACCおよび電圧変換比EXRが領域RG9に存在すると判定したとき、リアクトル電流ILが零点と交差していないと判断する。

20       アクセル開度ACCおよび電圧変換比EXRが直線k17上に存在すると判定することは、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1よりも大きいかな否かを判定し、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1以下であると判定することに相当する。また、アクセル開度ACCおよび電圧変換比EXRが領域RG9に存在すると判定することは、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1よりも大きいかな否かを判定し、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1よりも大きいと判定することに相当する。

25       制御部64Dは、アクセル開度ACCおよび電圧変換比EXRが直線k17上に存在すると判定したとき、信号STPおよび信号USTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号USTPをそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

また、制御部64Dは、アクセル開度ACCおよび電圧変換比EXRが領域R

G 9に存在すると判定したとき、信号O P Eを生成して電圧指令演算部 6 1へ出力する。

一方、交流モータM 1の動作モードが回生モードであるとき、制御部 6 4 Dは、上述した制御部 6 4 Bの機能と同じ機能を果たす。

- 5 図 2 8は、実施の形態 5によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図 2 8を参照して、一連の動作が開始されると、コンバータ制御回路 3 0 2 Dは、外部E C Uからトルク指令値T R（すなわち、要求トルク）およびモータ回転数M R Nを受ける（ステップS 8 1）。また、コンバータ制御回路 3 0 2 Dは、電圧センサー 1 0から電圧V bを受ける。そして、コンバータ制御回路 3 0 2 Dの演算部 6 6は、要求トルクT R、  
10 モータ回転数M R N、電圧V bおよびデューティ比D R UまたはD R Dに基づいて、上述した方法によって必要な電源電流I b d c\_\_c o mおよび電圧変換比E X Rを演算して制御部 6 4 Dへ出力する（ステップS 8 3）。

- 15 そうすると、制御部 6 4 Dは、要求トルクT Rおよびモータ回転数M R Nに基づいて、上述した方法によって、交流モータM 1の動作モードが力行モードであるか回生モードであるかを判定する（ステップS 8 4）。

- そして、制御部 6 4 Dは、交流モータM 1の動作モードが回生モードであると判定したとき、さらに、図 1 6に示すマップを参照して、演算部 6 6から受けた必要な電源電流I b d c\_\_c o mおよび電圧変換比E X Rが直線k 8上に存在するか領域R G 6に存在するかを判定することにより、必要な電源電流I b d c\_\_c o mが負の臨界電流値I b r e f 2よりも小さいか否かを判定する（ステップS 8 5）。

- 25 制御部 6 4 Dは、必要な電源電流I b d c\_\_c o mが負の臨界電流値I b r e f 2よりも小さいと判定したとき、リアクトル電流I Lが零点と交差していないと判断し、信号O P Eを生成して電圧指令演算部 6 1へ出力する。電圧指令演算部 6 1は、制御部 6 4 Dから信号O P Eを受けると、外部E C Uからのトルク指令値T Rおよびモータ回転数M R Nに基づいて、上述した方法によって電圧指令V d c\_\_c o mを演算し、その演算した電圧指令V d c\_\_c o mをコンバータ用デューティ比演算部 6 2へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比 DRD を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 からのデューティ比 DRD に基づいて、信号 PWMD を生成して昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 D は、降圧制御を許可する（ステップ S 8 6）。

そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  は、コンバータ制御回路 3 0 2 D からの信号 PWMD に応じてオン／オフされ、コンデンサ  $C_2$  の両端の電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように電圧  $V_m$  を降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源 B に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップ S 8 7）。そして、一連の動作が終了する。

一方、ステップ S 8 5 において、必要な電源電流  $I_{bd\_com}$  が負の臨界電流値  $I_{bref2}$  以上であるとき、制御部 6 4 D は、昇圧コンバータ 1 2 の降圧動作時にリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定し、信号 STP および信号 DSTP を生成し、その生成した信号 STP および信号 DSTP をそれぞれ電圧指令演算部 6 1 およびコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。電圧指令演算部 6 1 は、制御部 6 4 D から信号 STP を受けると、電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  をコンバータ用デューティ比演算部 6 2 へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  と、制御部 6 4 D からの信号 DSTP とに基づいて、上述した方法によって、デューティ比  $DR\_100\_0$  を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティ比演算部 6 2 からのデューティ比  $DR\_100\_0$  に基づいて、信号 PWMS 2 を生成して昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 D は、降圧制御を禁止する（ステップ S 8 8）。

そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ  $Q_1$  は、コンバータ制御回路 3 0 2 D からの信号 PWMS 2 に応じてオンされ、NPN トラン



ジスタQ2は信号PWMS2に応じてオフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による降圧動作を停止する。そして、昇圧コンバータ12は、NPNトランジスタQ1を介してコンデンサC2から直流電源Bへ直流電流を供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS89）。そして、一連の動作が終了する。

また、ステップS84において、交流モータM1の動作モードが力行モードであると判定されると、コンバータ制御回路302Dの制御部64Dは、さらに、図27に示すマップを参照して、外部ECUから受けたアクセル開度ACCおよび演算部66から受けた電圧変換比EXRが直線k17上に存在するか領域RG9に存在するかを判定することにより、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1よりも大きいかなかを判定する（ステップS90）。

制御部64Dは、アクセル開度ACCが臨界アクセル開度値ACCref1よりも大きいと判定したとき、リアクトル電流ILが零点と交差していないと判断し、信号OPEを生成して電圧指令演算部61へ出力する。電圧指令演算部61は、制御部64Dから信号OPEを受けると、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、上述した方法によって電圧指令Vdc\_\_comを演算し、その演算した電圧指令Vdc\_\_comをコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令Vdc\_\_comと、電圧Vb、Vmとに基づいて、上述した方法によって、デューティ比DRUを生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比DRUに基づいて、信号PWMUを生成して昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Dは、昇圧制御を許可する（ステップS91）。

そうすると、昇圧コンバータ12において、NPNトランジスタQ1、Q2は、コンバータ制御回路302Dからの信号PWMUに応じてオン／オフされ、昇圧コンバータ12の出力電圧Vmが電圧指令Vdc\_\_comに一致するように直流電源Bからの直流電圧Vbを昇圧し、その昇圧した直流電圧をコンデンサC2に

供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップS92）。そして、一連の動作が終了する。

5 一方、制御部64Dは、ステップS90においてアクセル開度ACCが臨界アクセル開度値 $ACC_{ref1}$ 以下であると判定したとき、昇圧コンバータ12の昇圧動作時にリアクトル電流 $I_L$ が零点に交差すると判定する。そして、制御部64Dは、信号STPおよび信号USTPを生成し、その生成した信号STPおよび信号USTPをそれぞれ電圧指令演算部61およびコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。

10 そうすると、電圧指令演算部61は、制御部64Dからの信号STPに基づいて、電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ を生成してコンバータ用デューティ比演算部62へ出力する。コンバータ用デューティ比演算部62は、電圧指令演算部61からの電圧指令 $V_{dc\_com\_0}$ と制御部64Dからの信号USTPとに基づいて、デューティ比 $DR\_0$ を生成してコンバータ用PWM信号変換部63へ出力する。そして、コンバータ用PWM信号変換部63は、コンバータ用デューティ比演算部62からのデューティ比 $DR\_0$ に基づいて、スイッチング動作による昇圧動作を停止するための信号PWMS1を生成し、その生成した信号PWMS1を昇圧コンバータ12へ出力する。これにより、コンバータ制御回路302Dは、昇圧制御を禁止する（ステップS93）。

20 そうすると、昇圧コンバータ12は、コンバータ制御回路302Dからの信号PWMS1に応じて、NPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング動作を停止し、インバータ14の動作に必要な直流電流をダイオードD1を介して直流電源BからコンデンサC2に供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS94）。そして、一連の動作が終了する。

25 このように、コンバータ制御回路302Dは、トルク指令値TRと、モータ回転数MRNとに基づいて交流モータM1の動作モードを判定し、その判定した動作モードとアクセル開度ACCおよび必要な電源電流 $I_{bd\_com}$ とに基づいてリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否かを判定する。すなわち、コンバータ制御回路302Dは、交流モータM1の動作モードが力行モードであるとき、アクセル開度ACCに基づいてリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否かを判

定し、交流モータM1の動作モードが回生モードであるとき、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  に基づいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定する。

5 交流モータM1の動作モードが回生モードであるときに、必要な電源電流  $I_{bdc\_com}$  に基づいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定することにしたのは、回生モードにおけるアクセル開度を考えることができないからである。

そして、コンバータ制御回路302Dは、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧  
10 コンバータ12を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

これにより、昇圧コンバータ12におけるNPNトランジスタQ1、Q2のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、NPNト  
15 ランジスタQ1、Q2のスイッチング回数の低減によりスイッチング損失を低減できる。

なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際にはCPUによって行なわれ、CPUは、図28に示すフローチャートの各  
20 ステップを備えるプログラムをROMから読出し、その読出したプログラムを実行して図28に示すフローチャートに従って、昇圧コンバータ12のスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を制御する。したがって、ROMは、図28に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ（CPU）読取り可能な記録媒体に相当する。

モータ駆動装置100Dの全体動作は、モータ駆動装置100の全体動作のうち、  
25 スwitchingノイズを低減させるコンバータ制御回路302の動作を、上述したコンバータ制御回路302Dの動作に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100の動作と同じである。

その他は、実施の形態1、3と同じである。

[実施の形態6]

図 29 は、実施の形態 6 によるモータ駆動装置の概略ブロック図である。図 29 を参照して、実施の形態 6 によるモータ駆動装置 100E は、モータ駆動装置 100 の電流センサー 11, 18 を削除し、制御装置 30 を制御装置 30E に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置 100 と同じである。

5 制御装置 30E は、外部 ECU からのトルク指令値 TR、モータ回転数 MRN およびアクセル開度 ACC に基づいて、後述する方法によってリアクトル電流 IL が零点と交差するか否かを判定する。そして、制御装置 30E は、リアクトル電流 IL が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流 IL が零点と交  
10 差しないときスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

制御装置 30E は、その他、制御装置 30 と同じ機能を果たす。

図 30 は、図 29 に示す制御装置 30E のブロック図である。図 30 を参照して、制御装置 30E は、制御装置 30 のコンバータ制御回路 302 をコンバータ  
15 制御回路 302E に代えたものであり、その他は、制御装置 30 と同じである。

コンバータ制御回路 302E は、トルク指令値 TR、モータ回転数 MRN およびアクセル開度 ACC に基づいて、後述する方法によって、リアクトル電流 IL が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流 IL が零点と交差するとき、NPN トランジスタ Q1, Q2 のスイッチング動作を停止するための信号 PWM  
20 S を生成し、その生成した信号 PWMS を昇圧コンバータ 12 へ出力する。そして、コンバータ制御回路 302E は、リアクトル電流 IL が零点と交差しないとき、信号 PWMU または信号 PWMD を生成し、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

コンバータ制御回路 302E は、その他、コンバータ制御回路 302 と同じ機能  
25 を果たす。

図 31 は、図 30 に示すコンバータ制御回路 302E のブロック図である。図 31 を参照して、コンバータ制御回路 302E は、コンバータ制御回路 302 の制御部 64 を制御部 64E に代え、ピーク検出部 65 を演算部 66A に代えたものであり、その他は、コンバータ制御回路 302 と同じである。

演算部 66A は、上述したように、トルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $MRN$  および電圧  $V_b$  に基づいて、上述した式 (1)、(3) および (4) を用いて電圧変換比  $EXR$  を演算し、その演算した電圧変換比  $EXR$  を制御部 64E へ出力する。

- 5 制御部 64E は、外部 ECU からトルク指令値  $T_R$ 、モータ回転数  $MRN$  およびアクセル開度  $ACC$  を受け、演算部 66A から電圧変換比  $EXR$  を受ける。また、制御部 64E は、昇圧比とアクセル開度との関係を示すマップおよび降圧比と要求トルク  $T_{Rdc\_com}$  との関係を示すマップを保持している。すなわち、制御部 64E は、図 22 に示すマップおよび図 27 に示すマップを保持している。
- 10 制御部 64E は、トルク指令値  $T_R$  およびモータ回転数  $MRN$  に基づいて、上述した方法によって交流モータ  $M1$  の動作モードが回生モードであるか力行モードであるかを判定する。そして、制御部 64E は、交流モータ  $M1$  の動作モードが力行モードであると判定したとき、上述した制御部 64D の機能と同じ機能を果たす。また、制御部 64E は、交流モータ  $M1$  の動作モードが回生モードであると判定したとき、上述した制御部 64C の機能と同じ機能を果たす。
- 15

- つまり、制御部 64E は、交流モータ  $M1$  の動作モードが回生モードであるとき、外部 ECU からの要求トルク  $T_{Rdc\_com}$  に基づいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、交流モータ  $M1$  の動作モードが力行モードであるとき、外部 ECU からのアクセル開度  $ACC$  に基づいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定する。そして、制御部 64E は、回生モードおよび力行モードにおいて、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差していないと判定したとき、信号  $OP_E$  を生成して電圧指令演算部 61 へ出力する。また、制御部 64E は、交流モータ  $M1$  の力行モードにおいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定したとき、信号  $STP$  および信号  $USTP$  を生成し、その生成した信号  $STP$  および信号  $USTP$  をそれぞれ電圧指令演算部 61 およびコンバータ用デューティ比演算部 62 へ出力する。さらに、制御部 64E は、交流モータ  $M1$  の回生モードにおいてリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定したとき、信号  $STP$  および信号  $DSTP$  を生成し、その生成した信号  $STP$  および信号  $DSTP$  をそれぞれ電圧指令演算部 61 およびコンバータ用デューティ比演算部
- 20
- 25

62へ出力する。

図32は、実施の形態6によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図32に示すフローチャートは、図28に示すフローチャートにおいてステップS81～ステップS89をステップS100～ステップS107に代えたものであり、その他は、図28に示すフローチャートと同じである。

図32を参照して、一連の動作が開始されると、コンバータ制御回路302Eは、外部ECUからトルク指令値TR（すなわち、要求トルクTRdc\_\_com）およびモータ回転数MRNを受ける（ステップS100）。また、コンバータ制御回路302Eは、外部ECUからアクセル開度ACCを受ける（ステップS101）。さらに、コンバータ制御回路302Eは、電圧センサー10から電圧Vbを受ける。そして、コンバータ制御回路302Eの演算部66Aは、要求トルクTRdc\_\_com、モータ回転数MRN、および電圧Vbに基づいて、上述した方法によって電圧変換比EXRを演算して制御部64Eへ出力する。

そうすると、制御部64Eは、要求トルクTRdc\_\_comおよびモータ回転数MRNに基づいて、上述した方法によって、交流モータM1の動作モードが力行モードであるか回生モードであるかを判定する（ステップS102）。

そして、制御部64Eは、交流モータM1の動作モードが回生モードであると判定したとき、さらに、図22に示すマップを参照して、外部ECUから受けた要求トルクTRdc\_\_comおよび演算部66Aから受けた電圧変換比EXRが直線k14上に存在するか領域RG8に存在するかを判定することにより、要求トルクTRdc\_\_comが負の臨界トルク値TRref2よりも小さいか否かを判定する（ステップS103）。

制御部64Eは、要求トルクTRdc\_\_comが負の臨界トルク値TRref2よりも小さいと判定したとき、リアクトル電流ILが零点と交差していないと判断し、信号OPEを生成して電圧指令演算部61へ出力する。電圧指令演算部61は、制御部64Eから信号OPEを受けると、外部ECUからのトルク指令値TRおよびモータ回転数MRNに基づいて、上述した方法によって電圧指令Vdc\_\_comを演算し、その演算した電圧指令Vdc\_\_comをコンバータ用デ

ューティー比演算部 6 2 へ出力する。

コンバータ用デューティー比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって、デューティー比 DRD を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。

5   コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティー比演算部 6 2 からのデューティー比 DRD に基づいて、信号 PWMD を生成して昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 E は、降圧制御を許可する（ステップ S 1 0 4）。

10   そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ  $Q_1$ 、 $Q_2$  は、コンバータ制御回路 3 0 2 E からの信号 PWMD に応じてオン／オフされ、コンデンサ  $C_2$  の両端の電圧  $V_m$  が電圧指令  $V_{dc\_com}$  になるように電圧  $V_m$  を降圧し、その降圧した直流電圧を直流電源 B に供給する。すなわち、電圧・電流制御が行なわれる（ステップ S 1 0 5）。そして、一連の動作が終了する。

15   一方、ステップ S 1 0 3 において、要求トルク  $T_{Rdc\_com}$  が負の臨界トルク値  $T_{Rref2}$  以上であるとき、制御部 6 4 E は、昇圧コンバータ 1 2 の降圧動作時にリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差すると判定し、信号 STP および信号 DSTP を生成し、その生成した信号 STP および信号 DSTP をそれぞれ電圧指令演算部 6 1 およびコンバータ用デューティー比演算部 6 2 へ出力する。電圧指令演算部 6 1 は、制御部 6 4 E から信号 STP を受けると、電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  を演算し、その演算した電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  をコンバータ用デューティー比演算部 6 2 へ出力する。

20   コンバータ用デューティー比演算部 6 2 は、電圧指令演算部 6 1 からの電圧指令  $V_{dc\_com\_0}$  と、制御部 6 4 E からの信号 DSTP とに基づいて、上述した方法によって、デューティー比  $DR\_100\_0$  を生成してコンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 へ出力する。コンバータ用 PWM 信号変換部 6 3 は、コンバータ用デューティー比演算部 6 2 からのデューティー比  $DR\_100\_0$  に基づいて、信号 PWMS 2 を生成して昇圧コンバータ 1 2 へ出力する。これにより、コンバータ制御回路 3 0 2 E は、降圧制御を禁止する（ステップ S 1 0 6）。

25   そうすると、昇圧コンバータ 1 2 において、NPN トランジスタ  $Q_1$  は、コン

5      バータ制御回路 302Eからの信号PWMS 2に応じてオンされ、NPNトランジスタQ 2は信号PWMS 2に応じてオフされ、昇圧コンバータ12は、スイッチング動作による降圧動作を停止する。そして、昇圧コンバータ12は、NPNトランジスタQ 1を介してコンデンサC 2から直流電源Bへ直流電流を供給する。すなわち、電流制御が行なわれる（ステップS 107）。そして、一連の動作が終了する。

また、ステップS 102において、交流モータM1の動作モードが力行モードであると判定されると、上述したステップS 90～ステップS 94（図28参照）が実行される。そして、一連の動作が終了する。

10      このように、コンバータ制御回路302Eは、トルク指令値TRと、モータ回転数MRNとに基づいて交流モータM1の動作モードを判定し、その判定した動作モードとアクセル開度ACCおよび要求トルクTRdc\_\_comとに基づいてリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定する。すなわち、コンバータ制御回路302Eは、交流モータM1の動作モードが力行モードであるとき、  
15      アクセル開度ACCに基づいてリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定し、交流モータM1の動作モードが回生モードであるとき、要求トルクTRdc\_\_comに基づいてリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定する。

交流モータM1の動作モードが回生モードであるときに、要求トルクTRdc\_\_comに基づいてリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定すること  
20      にしたのは、回生モードにおけるアクセル開度を考えることができないからである。

そして、コンバータ制御回路302Eは、リアクトル電流ILが零点と交差するとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流ILが零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を  
25      制御する。

これにより、昇圧コンバータ12におけるNPNトランジスタQ 1、Q 2のスイッチング回数を低減でき、スイッチングノイズを低減できる。また、NPNトランジスタQ 1、Q 2のスイッチング回数の低減によりスイッチング損失を低減



できる。

5      なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際にはCPUによって行なわれ、CPUは、図32に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムをROMから読み出し、その読み出したプログラムを実行して図32に示すフローチャートに従って、昇圧コンバータ12のスイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を制御する。したがって、ROMは、図32に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ（CPU）読み取り可能な記録媒体に相当する。

10      モータ駆動装置100Eの全体動作は、モータ駆動装置100の全体動作のうち、スイッチングノイズを低減させるコンバータ制御回路302の動作を、上述したコンバータ制御回路302Eの動作に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置100の動作と同じである。

    その他は、実施の形態1、4、5と同じである。

15      なお、上述したモータ駆動装置100、100A、100B、100C、100D、100Eは、1つの交流モータを駆動するものと説明したが、この発明においては、モータ駆動装置は、複数のモータを駆動するものであってもよい。この場合、モータ駆動装置は、複数のモータに対応して複数のインバータを含む。そして、複数のインバータは、昇圧コンバータ12の出力側であるコンデンサC2の両端に並列に接続される。

20      以下、モータ駆動装置100を搭載したハイブリッド自動車について説明する。図33は、図1に示すモータ駆動装置100を搭載したハイブリッド自動車110の構成を示す図を示す。なお、図33においては、モータ駆動装置100は、2つのモータ60、70を駆動するモータ駆動装置として示されている。

25      図33を参照して、モータ駆動装置100のモータ60は、ハイブリッド自動車110の前輪111に近接して配置される。IPM（Intelligent Power Module）80は、モータ60の近くに配置され、ケーブル93を介してモータ60と接続される。直流電源Bおよび昇圧コンバータ12は、前輪111と後輪112との間に配置される。そして、直流電源Bは、ケーブル91を介して昇圧コンバータ12と接続され、昇圧コンバータ12は、ケーブル

92を介してIPM80および81と接続される。モータ60は、前輪111およびエンジン240に連結される。

モータ70は、ハイブリッド自動車110の後輪112に近接して配置される。IPM81は、モータ70の近くに配置される。そして、IPM81は、ケーブル94を介してモータ70と接続される。モータ70は、後輪112と連結される。

なお、ケーブル91, 92は、(+, -)を有する高圧直流電源線である。また、ケーブル93, 94は、U相, V相, W相を有するモータ駆動線である。

図34は、図1に示すモータ駆動装置100を搭載したハイブリッド自動車110の駆動システムを示す概略ブロック図である。図34を参照して、駆動システム200は、モータ駆動装置100と、前輪111と、後輪112と、動力分割機構210と、ディファレンシャルギア(DG: Differential Gear)220, 230と、エンジン240と、モータジェネレータMG1~MG3とを備える。

駆動システム200においては、モータジェネレータMG1, MG2はモータ60に相当し、モータジェネレータMG3はモータ70に相当する。そして、モータ60が2つのモータジェネレータMG1, MG2によって構成されることに対応して、IPM80は、2つのインバータ80A, 80Bからなる。インバータ80Aは、モータジェネレータMG1を駆動し、インバータ80Bは、モータジェネレータMG2を駆動する。また、IPM81は、インバータ81Aを含む。そして、インバータ81Aは、モータジェネレータMG3を駆動する。

モータジェネレータMG1は、動力分割機構210を介してエンジン240と連結される。そして、モータジェネレータMG1は、エンジン240を始動し、またはエンジン240の回転力によって発電する。

また、モータジェネレータMG2は、動力分割機構210を介して前輪111を駆動する。

さらに、モータジェネレータMG3は、後輪112を駆動する。

図35は、図34に示す動力分割機構210の模式図を示す。図35を参照して、動力分割機構210は、リングギア211と、キャリアギア212と、サン

ギア 2 1 3 とから成る。エンジン 2 4 0 のシャフト 2 5 1 は、プラネタリキャリア 2 5 3 を介してキャリアギア 2 1 2 に接続され、モータジェネレータ MG 1 のシャフト 2 5 2 は、サンギア 2 1 3 に接続され、モータジェネレータ MG 2 のシャフト 2 5 4 は、リングギア 2 1 1 に接続されている。なお、モータジェネレータ MG 2 のシャフト 2 5 4 は、DG 2 2 0 を介して前輪 1 1 1 の駆動軸に連結される。

モータジェネレータ MG 1 は、シャフト 2 5 2、サンギア 2 1 3、キャリアギア 2 1 2 およびプラネタリキャリア 2 5 3 を介してシャフト 2 5 1 を回転し、エンジン 2 4 0 を始動する。また、モータジェネレータ MG 1 は、シャフト 2 5 1、プラネタリキャリア 2 5 3、キャリアギア 2 1 2、サンギア 2 1 3 およびシャフト 2 5 2 を介してエンジン 2 4 0 の回転力を受け、その受けた回転力によって発電する。

再び、図 3 4 を参照して、駆動システム 2 0 0 が搭載されたハイブリッド自動車の始動時、発進時、軽負荷走行モード、中速低負荷走行モード、加速・急加速モード、低 $\mu$ 路走行モードおよび減速・制動モードにおける駆動システム 2 0 0 の動作について説明する。なお、始動時、発進時、軽負荷走行モード、中速低負荷走行モード、加速・急加速モード、低 $\mu$ 路走行モードおよび減速・制動モードにおけるモータ 6 0, 7 0 のトルク指令値 TR 1, TR 2 および信号 PWMU, PWMD, PWMI 1, PWMI 2, PWMC 1, PWMC 2 を表 1 に示す。

表 1

ハブリッド 自動車の状態	モータ60のトルク 指令値 TR1	モータ70のトルク 指令値 TR2	信号 PWMU or 信号 PWMD	信号 PWMI1 or 信号 PWMC1	信号 PWMI2 or 信号 PWMC2
始動時	TR11	—	PWMU1	PWMI11	—
発進時	TR12	TR21	PWMU2	PWMI12	PWMI21
軽負荷走行モード	TR13	—	PWMU3	PWMI13	—
中速低負荷走行モード	TR11	—	PWMU1	PWMI11	—
加速・急加速モード	TR14	TR22	PWMU4	PWMI14	PWMI22
低μ路走行モード	TR15	TR23	PWMU5	PWMC1	PWMI23
減速・制動モード	TR16	TR24	PWMD1	PWMC1	PWMC2

まず、ハイブリッド自動車 110 のエンジン始動時における駆動システム 200 の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、外部 ECU からトルク指令値  $TR11$  およびモータ回転数  $MRN1$  を受ける。そして、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR11$ 、モータ回転数  $MRN1$ 、電圧センサー 10 からの電圧  $Vb$ 、電圧センサー 13 からの電圧  $Vm$  に基づいて信号  $PWMU1$  を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。また、制御装置 30 は、電圧  $Vm$  と、電流センサー 24 からのモータ電流  $MCRT1$  (モータ電流  $MCRT$  の一種) と、トルク指令値  $TR11$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMI11$  を生成し、その生成した信号  $PWMI11$  をインバータ 80A へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、制御装置 30 からの信号  $PWMU1$  に応じて直流電源 B からの直流電圧を昇圧してインバータ 80A に供給する。そして、制御装置 30 は、電流センサー 11 からの電源電流  $Ib$  と電流センサー 18 からのリアクトル電流  $IL$  の最大値  $ILmax$  および最小値  $ILmin$  とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流  $IL$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $IL$  が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $IL$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $IL$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $IL$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令  $Vdc\_com$  に一致する電圧  $Vm$  をインバータ 80A に供給する。

インバータ 80A は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を信号  $PWMI11$  に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値  $TR11$  によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ  $MG1$  を駆動する。

これによって、モータジェネレータ  $MG1$  は、動力分割機構 210 を介してエンジン 240 のクランクシャフト 251 を回転数  $MRN1$  で回転し、エンジン 240 を始動する。これにより、ハイブリッド自動車 110 のエンジン始動時における駆動システム 200 の動作が終了する。

次に、ハイブリッド自動車 110 の発進時における駆動システム 200 の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、トルク指令値 TR12 および TR21 と、モータ回転数 MRN1, MRN2 とを外部 ECU から受ける。この場合、トルク指令値 TR12 は、始動後のエンジン 240 の回転力によってモータジェネレータ MG1 を発電機として機能させるためのトルク指令値 TR12.1 と、モータジェネレータ MG2 を発進用に用いるためのトルク指令値 TR12.2 とからなる。トルク指令値 TR21 は、モータジェネレータ MG3 を発進用に用いるためのトルク指令値である。

制御装置 30 は、トルク指令値 TR12.2 と、モータ電流 MCRT1 と、電圧センサー 13 からの電圧  $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって信号 PWMI12 を生成してインバータ 80B へ出力する。また、制御装置 30 は、トルク指令値 TR12.1 と、モータ電流 MCRT1 と、電圧  $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって信号 PWMC1 を生成してインバータ 80A へ出力する。さらに、制御装置 30 は、トルク指令値 TR21 と、モータ電流 MCRT2 と、電圧センサー 13 からの電圧  $V_m$  とに基づいて上述した方法により信号 PWMI21 を生成してインバータ 81A へ出力する。さらに、制御装置 30 は、トルク指令値 TR12.2 または TR21、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  およびモータ回転数 MRN1 または MRN2 に基づいて、上述した方法によって信号 PWMU2 を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、制御装置 30 からの信号 PWMU2 に応じて、直流電源 B から出力された電圧  $V_b$  を昇圧し、その昇圧した直流電圧をインバータ 80B および 81A へ供給する。そして、制御装置 30 は、電流センサー 11 からの電源電流  $I_b$  と電流センサー 18 からのリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチ

ング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致する電圧  $V_m$  をインバータ 80B および 81A に供給する。また、インバータ 80A は、モータジェネレータ MG1 がエンジン 240 の回転力により発電した交流電圧を信号 PWM C1 によって直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をインバータ 80B に供給する。インバータ 80B は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧とインバータ 80A からの直流電圧とを受け、その受けた直流電圧を信号 PWM I12 に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値  $TR_{122}$  によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ MG2 を駆動する。そして、モータジェネレータ MG2 は、動力分割機構 210 およびディファレンシャルギア 220 を介して前輪 111 を駆動する。

また、インバータ 81A は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を受け、その受けた直流電圧を信号 PWM I21 によって交流電圧に変換してトルク指令値  $TR_{21}$  によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ MG3 を駆動する。そして、モータジェネレータ MG3 は、ディファレンシャルギア 230 を介して後輪 112 を駆動する。

このようにして、ハイブリッド自動車 110 の前輪 111 はモータジェネレータ MG2 によって回転され、後輪 112 はモータジェネレータ MG3 によって回転され、ハイブリッド自動車 110 は 4WD で発進する。これにより、ハイブリッド自動車 110 の発進時における駆動システム 200 の動作が終了する。

次に、ハイブリッド自動車 110 が軽負荷走行モードにある場合の駆動システム 200 の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR_{13}$  およびモータ回転数  $MRN_1$  を外部 ECU から受ける。なお、トルク指令値  $TR_{13}$  は、ハイブリッド自動車 110 の前輪 111 をモータジェネレータ MG2 のみで駆動するためのトルク指令値である。

制御装置 30 は、トルク指令値  $TR_{13}$  と、モータ回転数  $MRN_1$  と、電圧センサー 10 からの電圧  $V_b$  と、電圧センサー 13 からの電圧  $V_m$  とに基づいて信号 PWM U3 を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。また、制御装置 30 は、電圧  $V_m$  と、電流センサー 24 からのモータ電流  $MCRT_1$  と、外部 ECU から

のトルク指令値 $TR13$ とに基づいて、上述した方法によって信号 $PWMI13$ を生成し、その生成した信号 $PWMI13$ をインバータ $80B$ へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ $12$ は、制御装置 $30$ からの信号 $PWMU3$ に応じて直流電源 $B$ からの直流電圧を昇圧してインバータ $80B$ に供給する。そして、  
5 制御装置 $30$ は、電流センサー $11$ からの電源電流 $Ib$ と電流センサー $18$ からのリアクトル電流 $IL$ の最大値 $ILmax$ および最小値 $ILmin$ とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流 $IL$ が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ $12$ を制御し、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ $12$ を制御する。  
10

昇圧コンバータ $12$ は、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令 $Vdc\_com$ に一致する電圧 $Vm$ をインバータ $80B$ に供給する。  
15

そして、インバータ $80B$ は、昇圧コンバータ $12$ からの直流電圧を信号 $PWMI13$ に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値 $TR13$ によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ $MG2$ を駆動する。そして、モータジェネレータ $MG2$ は、動力分割機構 $210$ およびディファレンシャルギア $220$ を介して前輪 $111$ を駆動し、ハイブリッド自動車 $110$ は、モータジェネレータ $MG2$ によって軽負荷走行を行なう。これにより、ハイブリッド自動車 $110$ が軽負荷走行モードにある場合の駆動システム $200$ の動作が終了する。  
20

次に、ハイブリッド自動車 $110$ が中速低負荷走行モードにある場合の駆動システム $200$ の動作について説明する。この場合の駆動システム $200$ の動作は、  
25 上述したハイブリッド自動車 $110$ のエンジン $240$ の始動時における駆動システム $200$ の動作と同じである。そして、モータジェネレータ $MG1$ は、エンジン $240$ を始動し、ハイブリッド自動車は、エンジン $240$ の駆動力によって走行する。

次に、ハイブリッド自動車 $110$ が加速・急加速モードにある場合の駆動シス



テム 200 の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR14$  および  $TR22$  と、モータ回転数  $MRN1$ 、 $MRN2$  とを外部 ECU から受ける。トルク指令値  $TR14$  は、モータジェネレータ  $MG1$  を発電機として機能させるためのトルク指令値  $TR141$  とモータジェネレータ  $MG2$  を加速・急加速用に用いるためのトルク指令値  $TR142$  とからなる。  
5 トルク指令値  $TR22$  は、モータジェネレータ  $MG3$  を加速・急加速用に用いるためのトルク指令値である。

制御装置 30 は、トルク指令値  $TR142$  と、モータ電流  $MCRT1$  と、電圧センサー 13 からの電圧  $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMI14$  を生成してインバータ 80B へ出力する。また、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR141$  と、モータ電流  $MCRT1$  と、電圧  $V_m$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMC1$  を生成してインバータ 80A へ出力する。さらに、  
10 制御装置 30 は、トルク指令値  $TR22$  と、モータ電流  $MCRT2$  と、電圧センサー 13 からの電圧  $V_m$  とに基づいて上述した方法により信号  $PWMI22$  を生成してインバータ 81A へ出力する。さらに、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR142$  または  $TR21$ 、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  およびモータ回転数  $MRN1$  または  $MRN2$  に基づいて、上述した方法によって信号  $PWMU4$  を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。  
15

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、制御装置 30 からの信号  $PWMU4$  に応じて、直流電源 B から出力された電圧  $V_b$  を昇圧し、その昇圧した直流電圧をインバータ 80B および 81A へ供給する。そして、制御装置 30 は、電流センサー 11 からの電源電流  $I_b$  と電流センサー 18 からのリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。  
20  
25

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング

動作による昇圧動作を行ない、電圧指令 $V_{dc\_com}$ に一致する電圧 $V_m$ をインバータ80Bおよび81Aに供給する。

そして、インバータ80Aは、モータジェネレータMG1がエンジン240の回転力（エンジン240の回転数は加速前よりも高くなっている。）により発電した交流電圧を信号PWC1によって直流電圧に変換し、その変換した直流電圧をインバータ80Bに供給する。インバータ80Bは、昇圧コンバータ12からの直流電圧とインバータ80Aからの直流電圧とを受け、その受けた直流電圧を信号PWI14に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値TR142によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータMG2を駆動する。

そして、モータジェネレータMG2は、動力分割機構210およびディファレンシャルギア220を介して前輪111を駆動する。

また、インバータ81Aは、昇圧コンバータ12からの直流電圧を受け、その受けた直流電圧を信号PWI22によって交流電圧に変換してトルク指令値TR22によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータMG3を駆動する。そして、モータジェネレータMG3は、ディファレンシャルギア230を介して後輪112を駆動する。

このようにして、ハイブリッド自動車110の前輪111はエンジン240およびモータジェネレータMG2によって回転され、後輪112はモータジェネレータMG3によって回転され、ハイブリッド自動車110は4WDで加速・急加速する。これにより、ハイブリッド自動車110の加速・急加速モードにおける駆動システム200の動作が終了する。

次に、ハイブリッド自動車110が低 $\mu$ 路走行モードにある場合の駆動システム200の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置30は、トルク指令値TR15、TR23およびモータ回転数MRN2を外部ECUから受ける。なお、トルク指令値TR15は、モータジェネレータMG2を回生モードで駆動するためのトルク指令値であり、トルク指令値TR23は、モータジェネレータMG3を駆動モータとして用いるためのトルク指令値である。

制御装置30は、トルク指令値TR15、モータ電流MCR T1および電圧 $V_m$ に基づいて、上述した方法によって信号PWC1を生成してインバータ80

Bへ出力する。

この低 $\mu$ 路走行モードにおいては、エンジン240は前輪111を駆動しており、前輪111の駆動力の一部がモータジェネレータMG2に伝達される。

5      そうすると、インバータ80Bは、信号PWMC1に応じて、モータジェネレータMG2を回生モードで駆動し、前輪111の駆動力の一部を受けてモータジェネレータMG2が発電した交流電圧を直流電圧に変換してインバータ81Aへ供給する。

10      また、制御装置30は、トルク指令値TR23と、モータ電流MCRT2と、電圧Vmとに基づいて信号PWMI23を生成してインバータ81Aへ出力する。  
10      インバータ81Aは、インバータ80Bからの直流電圧を受け、その受けた直流電圧を信号PWMI23によって交流電圧に変換してトルク指令値TR23によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータMG3を駆動する。  
15      そして、モータジェネレータMG3は、ディファレンシャルギア230を介して後輪112を駆動する。これにより、ハイブリッド自動車110は、エンジン240の駆動力によって前輪111を駆動し、前輪111の駆動力の一部を受けてモータジェネレータMG2が発電した電力によって後輪112を駆動し、4WDにより低 $\mu$ 路走行を行なう。この場合、昇圧コンバータ12は停止されているのでスイッチングノイズは低減する。

20      モータジェネレータMG2が発電した電力によってモータジェネレータMG3が後輪112を駆動できない場合、制御装置30は、トルク指令値TR23と、モータ回転数MRN2と、電圧センサー10からの電圧Vbと、電圧センサー13からの電圧Vmとに基づいて上述した方法により信号PWMU5を生成して昇圧コンバータ12へ出力する。

25      昇圧コンバータ12は、制御装置30からの信号PWMU5に基づいて、直流電源Bからの直流電圧を昇圧してインバータ81Aに供給する。そして、制御装置30は、電流センサー11からの電源電流Ibと電流センサー18からのリアクトル電流ILの最大値ILmaxおよび最小値ILminとに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流ILが零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止する

ように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

5 昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致する電圧  $V_m$  をインバータ 81A に供給する。

そして、インバータ 81A は、昇圧コンバータ 12 およびインバータ 80B から供給された直流電圧を信号 PWM123 によって交流電圧に変換してモータジェネレータ MG3 を駆動する。そして、モータジェネレータ MG3 は、ディファレンシャルギア 230 を介して後輪 112 を駆動する。これにより、ハイブリッド自動車 110 は、エンジン 240 の駆動力によって前輪 111 を駆動し、前輪 111 の駆動力の一部を受けてモータジェネレータ MG2 が発電した電力および直流電源 B からの電力によって後輪 112 を駆動し、4WD により低  $\mu$  路走行を行なう。

これにより、ハイブリッド自動車 110 の低  $\mu$  路走行モードにおける駆動システム 200 の動作が終了する。

最後に、ハイブリッド自動車 110 が減速・制動モードにある場合の駆動システム 200 の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、外部 ECU からトルク指令値  $TR16$ ,  $TR24$  を受ける。そして、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR16$ ,  $TR24$  に応じて、モータジェネレータ MG2 および/またはモータジェネレータ MG3 を回生モードで駆動する。すなわち、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR16$ ,  $TR24$  と、モータ電流  $MCRT1$ ,  $MCRT2$  と、電圧  $V_m$  とに基づいて、それぞれ、信号 PWM1 および信号 PWM2 を生成し、その生成した信号 PWM1 および信号 PWM2 をそれぞれ、インバータ 80B およびインバータ 81A へ出力する。また、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR16$ ,  $TR24$ 、モータ回転数  $MRN1$ ,  $MRN2$  および電圧  $V_b$ ,  $V_m$  に基づいて信号 PWMD1 を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。

そうすると、インバータ80Bは、モータジェネレータMG2が発電した交流電圧を信号PWMC1に基づいて直流電圧に変換して昇圧コンバータ12へ供給する。また、インバータ81Aは、モータジェネレータMG3が発電した交流電圧を信号PWMC2に基づいて直流電圧に変換して昇圧コンバータ12へ供給する。そして、昇圧コンバータ30は、インバータ80Bおよび81Aからの直流電圧を信号PWMD1に基づいて降圧する。

この場合、制御装置30は、電流センサー11からの電源電流 $I_b$ と、電流センサー18からのリアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するかどうかを判定し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するときスイッチング動作による降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないときスイッチング動作による降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

昇圧コンバータ12は、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないとき、スイッチング動作による降圧動作を行ない、昇圧コンバータ12の出力電圧 $V_m$ が電圧指令 $V_{dc\_com}$ に一致するように電圧 $V_m$ を降圧して直流電源Bを充電する。

これにより、ハイブリッド自動車110は、回生ブレーキおよび／または機械ブレーキによって減速・制動を行なう。そして、ハイブリッド自動車110の減速・制動時における駆動システム200の動作が終了する。

なお、上記においては、モータ駆動装置100を駆動システム200に用いた場合について説明したが、モータ駆動装置100に代えてモータ駆動装置100A、100B、100C、100D、100Eを用いてもよい。

図36は、図1に示すモータ駆動装置100を搭載した電気自動車110Aの構成を示す図である。なお、図36においても、モータ駆動装置100は、2つのモータ60、70を駆動するモータ駆動装置として示されている。図36を参照して、電気自動車110Aは、ハイブリッド自動車110のエンジン240を削除し、IPM80をIPM90に代えたものであり、その他は、ハイブリッド自動車110と同じである。

図37は、図1に示すモータ駆動装置100を搭載した電気自動車110Aの電気駆動システムを示す概略ブロック図である。図37を参照して、電気駆動システム200Aは、モータ駆動装置100と、モータジェネレータMG1、MG2と、前輪111Aと、後輪112Aと、ディファレンシャルギア220、230とを備える。

電気駆動システム200Aにおいては、モータジェネレータMG1はモータ60に相当し、モータジェネレータMG2はモータ70に相当する。そして、モータ60が1つのモータジェネレータMG1によって構成されることに対応して、IPM90は、1つのインバータ90Aを含む。インバータ90Aは、モータジェネレータMG1を駆動する。また、IPM81に含まれるインバータ81Aは、モータジェネレータMG2を駆動する。

モータジェネレータMG1は、前輪111Aを駆動する。また、モータジェネレータMG2は、後輪112Aを駆動する。

電気駆動システム200Aが搭載された電気自動車110Aの発進時、軽負荷走行モード、中速低負荷走行モード、加速・急加速モード、低 $\mu$ 路走行モードおよび減速・制動モードにおける電気駆動システム200Aの動作について説明する。なお、発進時、軽負荷走行モード、中速低負荷走行モード、加速・急加速モード、低 $\mu$ 路走行モードおよび減速・制動モードにおけるモータ60、70のトルク指令値TR1、TR2および信号PWMU、PWMD、PWMI1、PWMI2、PWMC1、PWMC2を表2に示す。

表 2

ハイブリット 自動車の状態	モータ 60 のトルク 指令値 TR1	モータ 70 のトルク 指令値 TR2	信号 PWMU or 信号 PWMD	信号 PWMI1 or 信号 PWMC1	信号 PWMI2 or 信号 PWMC2
発進時	TR11	TR21	PWMU1	PWMI11	PWMI21
軽負荷走行モード	TR12	---	PWMU2	PWMI12	---
中速低負荷走行モード	TR13	---	PWMU3	PWMI13	---
加速・急加速モード	TR14	TR22	PWMU4	PWMI14	PWMI22
低 $\mu$ 路走行モード	TR15	TR23	PWMD1	PWMC11	PWMI23
減速・制動モード	TR16	TR24	PWMD2	PWMC12	PWMC21

まず、電気自動車 110A の発進時における電気駆動システム 200A の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、トルク指令値 TR11 および TR21 とモータ回転数 MRN1, MRN2 とを外部 ECU から受ける。この場合、トルク指令値 TR11 は、モータジェネレータ MG1 を発進  
5 用に用いるためのトルク指令値であり、トルク指令値 TR21 は、モータジェネレータ MG2 を発進用に用いるためのトルク指令値である。

制御装置 30 は、電圧  $V_m$  と、モータ電流 MCRT1 と、外部 ECU からのトルク指令値 TR11 とに基づいて、上述した方法によって信号 PWMI11 を生成し、その生成した信号 PWMI11 をインバータ 90A へ出力する。また、制  
10 御装置 30 は、トルク指令値 TR21 と、モータ電流 MCRT2 と、電圧  $V_m$  とに基づいて信号 PWMI21 を生成し、その生成した信号 PWMI21 をインバータ 81A へ出力する。

さらに、制御装置 30 は、トルク指令値 TR11 または TR21 と、電圧  $V_b$ ,  $V_m$  と、モータ回転数 MRN1 または MRN2 とに基づいて、上述した方法によ  
15 って信号 PWMU1 を生成して昇圧コンバータ 12 へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、直流電源 B からの直流電圧を制御装置 30 からの信号 PWMU1 に応じて昇圧し、その昇圧した直流電圧をインバータ 90A, 81A へ供給する。そして、制御装置 30 は、電流センサー 11 からの電源電流  $I_b$  と電流センサー 18 からのリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  お  
20 よび最小値  $I_{Lmin}$  とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致する電圧  $V_m$  をイン  
25 ンバータ 90A および 81A に供給する。

インバータ 90A は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を信号 PWMI11



に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値 $TR11$ によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ $MG1$ を駆動する。そして、モータジェネレータ $MG1$ は、ディファレンシャルギア $220$ を介して前輪 $111A$ を駆動する。

また、インバータ $81A$ は、昇圧コンバータ $12$ から供給された直流電圧を信号 $PWMI21$ によって交流電圧に変換してトルク指令値 $TR21$ によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ $MG2$ を駆動する。そして、モータジェネレータ $MG2$ は、ディファレンシャルギア $230$ を介して後輪 $112A$ を駆動する。

このようにして、電気自動車 $110A$ の前輪 $111A$ は、モータジェネレータ $MG1$ によって回転され、後輪 $112A$ は、モータジェネレータ $MG2$ によって回転され、電気自動車 $110A$ は、 $4WD$ で発進する。これにより、電気自動車 $110A$ の発進時における電気駆動システム $200A$ の動作が終了する。

次に、電気自動車 $110A$ が軽負荷走行モードにある場合の電気駆動システム $200A$ の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 $30$ は、トルク指令値 $TR12$ およびモータ回転数 $MRN1$ を外部 $ECU$ から受ける。

制御装置 $30$ は、電圧 $V_m$ と、モータ電流 $MCRT1$ と、トルク指令値 $TR12$ とに基づいて、上述した方法によって信号 $PWMI12$ を生成し、その生成した信号 $PWMI12$ をインバータ $90A$ へ出力する。また、制御装置 $30$ は、トルク指令値 $TR21$ と、電圧 $V_b$ 、 $V_m$ と、モータ回転数 $MRN1$ とに基づいて、上述した方法によって信号 $PWMU2$ を生成し、その生成した信号 $PWMU2$ を昇圧コンバータ $12$ へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ $12$ は、直流電源 $B$ からの直流電圧を制御装置 $30$ からの信号 $PWMU2$ に応じて昇圧し、その昇圧した直流電圧をインバータ $90A$ へ供給する。そして、制御装置 $30$ は、電流センサー $11$ からの電源電流 $I_b$ と電流センサー $18$ からのリアクトル電流 $IL$ の最大値 $IL_{max}$ および最小値 $IL_{min}$ とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流 $IL$ が零点と交差するかどうかを判定し、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ $12$ を制御し、リアクトル電流 $IL$ が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうよ

うに昇圧コンバータ 12 を制御する。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致する電圧  $V_m$  をインバータ 90A に供給する。

インバータ 90A は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を信号  $PWMI_{12}$  に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値  $TR_{12}$  によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ  $MG_1$  を駆動する。そして、モータジェネレータ  $MG_1$  は、ディファレンシャルギア 220 を介して前輪 111A を駆動し、電気自動車 110A は、モータジェネレータ  $MG_1$  によって軽負荷走行を行なう。これにより、電気自動車 110A が軽負荷走行モードにある場合の電気駆動システム 200A の動作が終了する。

次に、電気自動車 110A が中速低負荷走行モードにある場合の電気駆動システム 200A の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、外部 ECU からトルク指令値  $TR_{13}$  およびモータ回転数  $MRN_1$  を受ける。そして、制御装置 30 は、電圧  $V_m$  と、モータ電流  $MCRT_1$  と、トルク指令値  $TR_{13}$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMI_{13}$  を生成し、その生成した信号  $PWMI_{13}$  をインバータ 90A へ出力する。また、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR_{13}$  と、電圧  $V_b$ 、 $V_m$  と、モータ回転数  $MRN_1$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMU_3$  を生成し、その生成した信号  $PWMU_3$  を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、直流電源 B からの直流電圧を制御装置 30 からの信号  $PWMU_3$  に応じて昇圧し、その昇圧した直流電圧をインバータ 90A へ供給する。そして、制御装置 30 は、電流センサー 11 からの電源電流  $I_b$  と電流センサー 18 からのリアクトル電流  $I_L$  の最大値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ 12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうよ

うに昇圧コンバータ 12 を制御する。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致する電圧  $V_m$  をインバータ 90A に供給する。

インバータ 90A は、昇圧コンバータ 12 からの直流電圧を信号  $PWMI13$  に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値  $TR13$  によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータ  $MG1$  を駆動する。

これによって、モータジェネレータ  $MG1$  は、ディファレンシャルギア 220 を介して前輪 111A を駆動する。そして、電気自動車 110A は、中速低負荷で走行する。これにより、電気自動車 110A の中速低負荷走行モードにおける電気駆動システム 200A の動作が終了する。

次に、電気自動車 110A が加速・急加速モードにある場合の電気駆動システム 200A の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR14$  および  $TR22$  とモータ回転数  $MRN1$ ,  $MRN2$  とを外部 ECU から受ける。なお、トルク指令値  $TR14$  は、モータジェネレータ  $MG1$  を加速・急加速用に用いるためのトルク指令値であり、トルク指令値  $TR22$  は、モータジェネレータ  $MG2$  を加速・急加速用に用いるためのトルク指令値である。

制御装置 30 は、電圧  $V_m$  と、モータ電流  $MCRT1$  と、トルク指令値  $TR14$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMI14$  を生成し、その生成した信号  $PWMI14$  をインバータ 90A へ出力する。また、制御装置 30 は、電圧  $V_m$  と、モータ電流  $MCRT2$  と、トルク指令値  $TR22$  とに基づいて、上述した方法によって信号  $PWMI22$  を生成し、その生成した信号  $PWMI22$  をインバータ 81A へ出力する。さらに、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR14$  または  $TR22$  と、電圧  $V_b$ ,  $V_m$  と、モータ回転数  $MRN1$  または  $MRN2$  とに基づいて、信号  $PWMU4$  を生成し、その生成した信号  $PWMU4$  を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

そうすると、昇圧コンバータ 12 は、直流電源 B からの直流電圧を制御装置 3

0からの信号PWMU4に応じて昇圧し、その昇圧した直流電圧をインバータ90Aおよび81Aへ供給する。そして、制御装置30は、電流センサー11からの電源電流 $I_b$ と電流センサー18からのリアクトル電流 $I_L$ の最大値 $I_{Lmax}$ および最小値 $I_{Lmin}$ とに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するときスイッチング動作による昇圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないときスイッチング動作による昇圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

昇圧コンバータ12は、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流 $I_L$ が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作を行ない、電圧指令 $V_{dc\_com}$ に一致する電圧 $V_m$ をインバータ90Aおよび81Aに供給する。

インバータ90Aは、昇圧コンバータ12からの直流電圧を信号PWMI14に応じて交流電圧に変換し、トルク指令値 $TR14$ によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータMG1を駆動する。そして、モータジェネレータMG1は、ディファレンシャルギア220を介して前輪111Aを駆動する。

また、インバータ81Aは、昇圧コンバータ12から供給された直流電圧を信号PWMI22によって交流電圧に変換してトルク指令値 $TR22$ によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータMG2を駆動する。そして、モータジェネレータMG2は、ディファレンシャルギア230を介して後輪112Aを駆動する。

このようにして、電気自動車110Aの前輪111Aは、モータジェネレータMG1によって回転され、後輪112Aは、モータジェネレータMG2によって回転され、電気自動車110Aは、4WDで加速・急加速する。これにより、電気自動車110Aの加速・急加速モードにおける電気駆動システム200Aの動作が終了する。

次に、電気自動車110Aが低 $\mu$ 路走行モードにある場合の電気駆動システム200Aの動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置30は、トルク指令値 $TR15$ 、 $TR23$ とモータ回転数 $MRN1$ 、 $MRN2$ とを外部E

CUから受ける。なお、トルク指令値TR15は、モータジェネレータMG1を回生モードで駆動するための信号であり、トルク指令値TR23は、モータジェネレータMG2を駆動モータとして用いるためのトルク指令値である。

5 制御装置30は、トルク指令値TR15、電圧Vmおよびモータ電流MCRT1に基づいて、上述した方法によって信号PWMC11を生成し、その生成した信号PWMC11をインバータ90Aへ出力する。また、制御装置30は、トルク指令値TR23、電圧Vmおよびモータ電流MCRT2に基づいて、上述した方法によって信号PWMI23を生成し、その生成した信号PWMI23をインバータ81Aへ出力する。さらに、制御装置30は、トルク指令値TR15またはTR22、電圧Vb、Vmおよびモータ回転数MRN1またはMRN2に基づいて、上述した方法によって信号PWMD1を生成して昇圧コンバータ12へ出力する。

15 そうすると、インバータ90Aは、信号PWMC11に応じて、モータジェネレータMG1を回生モードで駆動し、前輪111Aの駆動力の一部を受けてモータジェネレータMG1が発電した交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ12およびインバータ81Aへ供給する。インバータ81Aは、インバータ90Aから供給された直流電圧を信号PWMI23によって交流電圧に変換してトルク指令値TR23によって指定されたトルクを出力するようにモータジェネレータMG2を駆動する。そして、モータジェネレータMG2は、ディファレンシャルギア230を介して後輪112Aを駆動する。

25 また、昇圧コンバータ12は、インバータ90Aからの直流電圧を制御装置30からの信号PWMD1に応じて降圧し、その降圧した直流電圧によって直流電源Bを充電する。そして、制御装置30は、電流センサー11からの電源電流Ibと電流センサー18からのリアクトル電流ILの最大値ILmaxおよび最小値ILminとに基づいて、上述した方法によってリアクトル電流ILが零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流ILが零点と交差するときスイッチング動作による降圧動作を停止するように昇圧コンバータ12を制御し、リアクトル電流ILが零点と交差しないときスイッチング動作による降圧動作を行なうように昇圧コンバータ12を制御する。

昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッチング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチング動作による降圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致するように電圧  $V_m$  を降圧して直流電源 B を充電する。

5       これにより、電気自動車 110A は、前輪 111A の駆動力の一部を受けてモータジェネレータ MG1 が発電した電力によって後輪 112A を駆動するとともに直流電源 B を充電し、低  $\mu$  路走行を行なう。その結果、電気自動車 110A は、安定して低  $\mu$  路走行を行なう。そして、電気自動車 110A の低  $\mu$  路走行時における電気駆動システム 200A の動作が終了する。

10       最後に、電気自動車 110A が減速・制動モードにある場合の電気駆動システム 200A の動作について説明する。一連の動作が開始されると、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR16$ 、 $TR24$  およびモータ回転数  $MRN1$ 、 $MRN2$  を外部 ECU から受ける。トルク指令値  $TR16$  は、モータジェネレータ MG1 を回生モードで駆動するためのトルク指令値であり、トルク指令値  $TR24$  は、モータジェネレータ MG2 を回生モードで駆動するためのトルク指令値である。

15       制御装置 30 は、トルク指令値  $TR16$ 、 $TR24$ 、電圧  $V_m$ 、およびモータ電流  $MCRT1$ 、 $MCRT2$  に基づいて、信号  $PWMC12$  および／または信号  $PWMC21$  を生成してそれぞれインバータ 90A および／またはインバータ 81A へ出力する。また、制御装置 30 は、トルク指令値  $TR16$  または  $TR24$ 、  
20       電圧  $V_b$ 、 $V_m$  およびモータ回転数  $MRN1$  または  $MRN2$  に基づいて、信号  $PWMD2$  を生成し、その生成した信号  $PWMD2$  を昇圧コンバータ 12 へ出力する。

25       インバータ 90A は、信号  $PWMC12$  に応じて、モータジェネレータ MG1 を回生モードで駆動し、前輪 111A の駆動力の一部を受けてモータジェネレータ MG1 が発電した交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ 12 へ供給する。また、インバータ 81A は、信号  $PWMC21$  に応じて、モータジェネレータ MG2 を回生モードで駆動し、後輪 112A の駆動力の一部を受けてモータジェネレータ MG2 が発電した交流電圧を直流電圧に変換して昇圧コンバータ 12 へ供給する。

そして、昇圧コンバータ 12 は、インバータ 90 A および／または 81 A から  
の直流電圧を制御装置 30 からの信号 PWMD 2 によって降圧し、その降圧した  
直流電圧によって直流電源 B を充電する。そして、制御装置 30 は、電流センサ  
ー 11 からの電源電流  $I_b$  と電流センサー 18 からのリアクトル電流  $I_L$  の最大  
5 値  $I_{Lmax}$  および最小値  $I_{Lmin}$  とに基づいて、上述した方法によってリア  
クトル電流  $I_L$  が零点と交差するか否かを判定し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と  
交差するときスイッチング動作による降圧動作を停止するように昇圧コンバータ  
12 を制御し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないときスイッチング動作に  
よる降圧動作を行なうように昇圧コンバータ 12 を制御する。

10 昇圧コンバータ 12 は、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差するとき、スイッ  
チング動作を停止し、リアクトル電流  $I_L$  が零点と交差しないとき、スイッチ  
ング動作による降圧動作を行ない、電圧指令  $V_{dc\_com}$  に一致するように電圧  $V_m$   
を降圧して直流電源 B を充電する。

15 これにより、電気自動車 110 A は、回生ブレーキおよび／または機械ブレー  
キによって減速・制動を行なう。そして、電気自動車 110 A の減速・制動時に  
おける電気駆動システム 200 の動作が終了する。

20 なお、上記においては、電気自動車 110 A は、モータ駆動装置 100 を搭載  
すると説明したが、この発明は、これに限らず、電気自動車 110 A は、モータ  
駆動装置 100 A, 100 B, 100 C, 100 D, 100 E のいずれかを搭載  
してもよい。

#### [実施の形態 6]

25 図 38 は、実施の形態 6 によるモータ駆動装置の機能ブロック図である。図 3  
8 を参照して、実施の形態 6 によるモータ駆動装置 100 F は、2 次電池 51 と、  
車両補機装置 52 と、電力変換装置 53 と、走行用駆動装置 54 と、燃料電池 5  
5 と、燃料電池補機装置 56 と、電子制御ユニット 57 とを備える。なお、モー  
タ駆動装置 100 F は、燃料電池自動車に搭載される。

電力変換装置 53 は、2 次電池 51 と、燃料電池 55 との間に接続される。車  
両補機装置 52 は、2 次電池 51 と、電力変換装置 53 との間に接続される。走  
行用駆動装置 54 および燃料電池補機装置 56 は、電力変換装置 53 と、燃料電

池 5 5 との間に接続される。

2 次電池 5 2 は、ニッケル水素またはリチウムイオン等の充電可能な電池からなり、直流電圧を出力する。車両補機装置 5 2 は、電動エアコンおよび電動パワーステアリング等からなり、2 次電池 5 1 から受けた直流電圧によって駆動される。

電力変換装置 5 3 は、上述した昇圧コンバータ 1 2 からなり、2 次電池 5 1 および／または燃料電池 5 5 から受けた直流電圧によって駆動される。そして、電力変換装置 5 3 は、電子制御ユニット 5 7 からの制御に従って、2 次電池 5 1 と、走行用駆動装置 5 4、燃料電池 5 5 および燃料電池補機装置 5 6 との間で電圧変換を行なう。より具体的には、電力変換装置 5 3 は、2 次電池 5 1 から受けた直流電圧を昇圧して走行用駆動装置 5 4、燃料電池 5 5 および燃料電池補機装置 5 6 側に供給するとともに、走行用駆動装置 5 4、燃料電池 5 5 および燃料電池補機装置 5 6 側から受けた直流電圧を降圧して 2 次電池 5 1 を充電する。

走行用駆動装置 5 4 は、上述したインバータ 1 4 からなり、燃料電池 5 5 または電力変換装置 5 3 および燃料電池 5 5 から直流電圧を受け、その受けた直流電圧を電子制御ユニット 5 7 からの制御に従って交流電圧に変換してモータ（図示せず）を駆動する。また、走行用駆動装置 5 4 は、燃料電池自動車の駆動輪の回転力によってモータが発電した交流電圧を直流電圧に変換して電力変換装置 5 3 へ供給する。

燃料電池 5 5 は、燃料電池補機装置 5 6 によって駆動され、発電する。燃料電池補機装置 5 6 は、燃料電池 5 5 から直流電圧を受け、その受けた直流電圧によって駆動される。そして、燃料電池補機装置 5 6 は、電子制御ユニット 5 7 からの制御に従って燃料電池 5 5 を駆動する。

電子制御ユニット 5 7 は、走行用駆動装置 5 4 がモータを駆動するときの負荷指令  $P_{tm}$  を演算し、その演算した負荷指令  $P_{tm}$  をモータが出力するように走行用駆動装置 5 4 を制御する。また、電子制御ユニット 5 7 は、燃料電池補機装置 5 6 における負荷  $P_{aux}$  を演算し、負荷指令  $P_{tm}$  および負荷  $P_{aux}$  に基づいて、燃料電池 5 5 における発電量指令  $P_{fc}$  を演算する。そして、電子制御ユニット 5 7 は、燃料電池 5 5 が発電量指令  $P_{fc}$  によって指定された発電量を



発電するように燃料電池補機装置 5 6 を制御する。

さらに、電子制御ユニット 5 7 は、2 次電池 5 1 と、走行用駆動装置 5 4、燃料電池 5 5 および燃料電池補機装置 5 6 との間で電圧変換を行なうように電圧変換装置 5 3 の NPN トランジスタ Q 1, Q 2 をスイッチング制御する。

5 さらに、電子制御ユニット 5 7 は、負荷指令  $P_{tm}$ 、負荷  $P_{aux}$  および発電量指令  $P_{fc}$  を次式に代入して電力変換装置 5 3 が授受する電力  $P_h$  を演算する。

$$P_h = P_{tm} + P_{aux} - P_{fc} \dots (6)$$

式 (6) を用いて演算された電力  $P_h$  が負の値であれば、電力  $P_h$  は、電力変換装置 5 3 を介して走行用駆動装置 5 4、燃料電池 5 5 および燃料電池補機装置 10 5 6 側から 2 次電池 5 1 側へ供給される電力を表し、電力  $P_h$  が正の値であれば、電力  $P_h$  は、電力変換装置 5 3 を介して 2 次電池 5 1 側から走行用駆動装置 5 4、燃料電池 5 5 および燃料電池補機装置 5 6 側へ供給される電力を表す。

電子制御ユニット 5 7 は、式 (6) を用いて演算した電力  $P_h$  が  $P_s < P_h < 0$  を満たすか否かを判定し、電力  $P_h$  が  $P_s < P_h < 0$  を満たす場合、電力変換装置 5 3 を停止させる。また、電子制御ユニット 5 7 は、電力  $P_h$  が  $P_s < P_h < 0$  を満たさない場合、電力変換装置 5 3 を継続して駆動する。

ここで、 $P_s$  は、電力変換装置 5 3 における電力損失値であり、電力変換装置 5 3 の NPN トランジスタ Q 1, Q 2 をスイッチング制御するための電力、リアクトル L 1 における熱および磁気損失等からなる。そして、電力損失値  $P_s$  としては、負の値が用いられる。

負荷指令  $P_{tm}$  は、正であるとき、走行用駆動装置 5 4 によって駆動されるモータが発生するトルクに相当し、負荷指令  $P_{tm}$  は、負であるとき、モータが発電した電力に相当する。そして、負荷指令  $P_{tm}$  が正である場合において、走行用駆動装置 5 4 に供給される電力が余るとき、その余った電力は、電力変換装置 25 5 3 を介して 2 次電池 5 1 に充電される。

この場合、電力変換装置 5 3 を介して 2 次電池 5 1 に充電される電力が、電力変換装置 5 3 における電力損失値  $P_s$  よりも小さい場合、余剰電力を 2 次電池 5 1 に充電しても電力全体の収支は、マイナスになり、電力が電力変換装置 5 3 のみで損失されるだけである。したがって、電力変換装置 5 3 を介して 2 次電池 5

1に充電される電力が、電力変換装置53における電力損失値 $P_s$ よりも小さい場合、電力変換装置53を停止し、スイッチング回数を低減することにしたものである。

また、例えば、モータが発電する回生モードでは、一般的に、その発電量は大きいので、式(6)によって演算された電力 $P_h$ は、 $P_s < P_h < 0$ を満たさない。そうすると、電力 $P_h$ は、電力変換装置53における電力損失値 $P_s$ よりも大きいので、電力変換装置53の駆動を継続して2次電池51を充電することにしたものである。

図39は、実施の形態6によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するためのフローチャートである。図39を参照して、一連の動作が開始されると、電子制御ユニット57は、燃料電池自動車のアクセル開度およびモータ回転数等に基づいて走行用駆動装置54の負荷指令 $P_{tm}$ を演算する(ステップS111)。引き続き、電子制御ユニット57は、燃料電池補機装置56の負荷 $P_{aux}$ を演算する(ステップS112)。

そうすると、電子制御ユニット57は、負荷指令 $P_{tm}$ および負荷 $P_{aux}$ に基づいて燃料電池55の発電量指令 $P_{fc}$ を演算する。より具体的には、電子制御ユニット57は、負荷指令 $P_{tm}$ および負荷 $P_{aux}$ を賄えるように発電量指令 $P_{fc}$ を演算する(ステップS113)。

そして、電子制御ユニット57は、演算した負荷指令 $P_{tm}$ 、負荷 $P_{aux}$ および発電量指令 $P_{fc}$ を式(6)に代入して電力変換装置53に入出力する電力 $P_h$ を演算し(ステップS114)、その演算した電力 $P_h$ が $P_s < P_h < 0$ を満たすか否かを判定する(ステップS115)。

電子制御ユニット57は、 $P_s < P_h < 0$ を満たすと判定したとき、電力変換装置53を停止し(ステップS116)、 $P_s < P_h < 0$ を満たさないとき、電力変換装置53を駆動する(ステップS117)。

そして、ステップS116またはステップS117の後、上述したステップS111~S117が繰り返し実行される。

ステップS115において、電力 $P_h$ が $P_s < P_h < 0$ を満たすか否かが判定されるが、これは、2次電池51が充電されるモードにおいて、2次電池51の

充電電力（＝電力  $P_h$ ）が電力変換装置 53 の電力損失値  $P_s$  よりも小さい場合に電力変換装置 53 を停止することになっているためである。すなわち、電力  $P_h$  が負の値であるとき、電力  $P_h$  は、上述したように 2 次電池 51<sub>m</sub> への充電電力を表し、電力損失値  $P_s$  は負の値に設定されるので、判定式としては、 $P_s < P_h < 0$  となるからである。したがって、 $P_s < P_h < 0$  が満たされるとき、2 次電池 51 へ供給される充電電力（＝電力  $P_h$ ）は電力損失値  $P_s$  よりも小さいと判定され、 $P_s < P_h < 0$  が満たされないとき、2 次電池 51 へ供給される充電電力  $P_h$  は電力損失値  $P_s$  よりも大きいと判定される。その結果、 $P_s < P_h < 0$  を満たすか否かを判定することは、2 次電池 51 へ供給される充電電力（＝電力  $P_h$ ）が電力変換装置 53 における電力損失値  $P_s$  よりも小さいか否かを判定することに相当する。

図 40 は、実施の形態 6 によるモータ駆動装置の他の機能ブロック図である。図 40 を参照して、モータ駆動装置 100G は、図 38 に示すモータ駆動装置 100F に電流検出装置 58 を追加し、電子制御ユニット 57 を電子制御ユニット 57A に代えたものであり、その他は、モータ駆動装置 100F と同じである。

電流検出装置 58 は、電力変換装置 53 と燃料電池 55 との間に設けられる。そして、電流検出装置 58 は、電力変換装置 53 に入出力する電流  $I_h$  を検出し、その検出した電流  $I_h$  を電子制御ユニット 57A へ出力する。

電子制御ユニット 57A は、電流  $I_h$  が  $-I_s < I_h < 0$  を満たすか否かを判定し、電流  $I_h$  が  $-I_s < I_h < 0$  を満たす場合、電力変換装置 53 を停止し、電流  $I_h$  が  $-I_s < I_h < 0$  を満たさない場合、電力変換装置 53 を駆動する。

電流  $I_h$  は、電力変換装置 53 を介して 2 次電池 51 側から走行用駆動装置 54、燃料電池 55 および燃料電池補機装置 56 側へ流れる場合、正の値からなり、その逆の場合、負の値からなる。

また、 $I_s$  は、電力変換装置 53 における電流損失値である。したがって、電子制御ユニット 57A は、2 次電池 51 が充電されるモードにおいて、電流  $I_h$  が電流損失値  $I_s$  よりも小さい場合、電力変換装置 53 を停止し、電流  $I_h$  が電流損失値  $I_s$  よりも大きい場合、電力変換装置 53 を駆動する。

電子制御ユニット 57A は、その他、電子制御ユニット 57 と同じ機能を果た

す。

なお、電流検出装置 58 は、2 次電池 51 と電力変換装置 53 との間に設けられていてもよい。

5 図 41 は、実施の形態 6 によるスイッチングノイズを低減する電圧変換の動作を説明するための他のフローチャートである。図 41 を参照して、一連の動作が開始されると、電流検出装置 58 は、電流  $I_h$  を検出し（ステップ S121）、その検出した電流  $I_h$  を電子制御ユニット 57A へ出力する。

そして、電子制御ユニット 57A は、電流  $I_h$  が  $-I_s < I_h < 0$  を満たすか否かを判定し（ステップ S122）、電流  $I_h$  が  $-I_s < I_h < 0$  を満たすと判定した場合、電力変換装置 53 を停止する（ステップ S123）。また、電子制御ユニット 57A は、電流  $I_h$  が  $-I_s < I_h < 0$  を満たさないと判定した場合、電力変換装置 53 を駆動する（ステップ S124）。そして、ステップ S123 またはステップ S124 の後、上述したステップ S121～S124 が繰り返し実行される。

15 上述したように、実施の形態 6 においては、電力変換装置 53 を介して 2 次電池 51 へ供給される電力  $P_h$ （電流  $I_h$ ）が電力変換装置 53 における電力損失値  $P_s$ （電流損失値  $I_s$ ）よりも小さい場合、電力変換装置 53 を停止し、電力変換装置 53 を介して 2 次電池 51 へ供給される電力  $P_h$ （電流  $I_h$ ）が電力変換装置 53 における電力損失値  $P_s$ （電流損失値  $I_s$ ）よりも大きい場合、電力  
20 変換装置 53 を駆動する。

これにより、電力変換装置 53 におけるスイッチング回数を低減できる。その結果、スイッチングノイズを低減でき、スイッチング損失を低減できる。

25 なお、この発明においては、スイッチングノイズを低減する電圧変換の制御は、実際には CPU によって行なわれ、CPU は、図 39 または図 41 に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを ROM から読み出し、その読み出したプログラムを実行して図 39 または図 41 に示すフローチャートに従って、電力変換装置 53 のスイッチング動作を制御する。したがって、ROM は、図 39 または図 41 に示すフローチャートの各ステップを備えるプログラムを記録したコンピュータ（CPU）読み取り可能な記録媒体に相当する。

そして、図41に示すフローチャートは、モータ駆動装置100Gの駆動中に電力変換装置53を停止させるか否かの判定のみに用いられる。

上述した各実施の形態においては、モータは、交流モータであるとして説明したが、この発明においては、モータは、直流モータであってもよい。

5      [好ましい実施形態]

この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、リアクトル電流の最大値の極性がリアクトル電流の最小値の極性と同じであることを検出すると、スイッチング動作による昇圧動作または降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

10      また、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、リアクトル電流の最大値またはリアクトル電流の最小値が正であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、リアクトル電流の最大値またはリアクトル電流の最小値が負であるとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置は、電流センサーをさらに備える。電流センサーは、リアクトル電流を検出する。そして、制御回路は、電流センサーにより検出されたリアクトル電流に基づいてリアクトル電流の最大値および最小値を検出し、その検出したリアクトル電流の最大値および最小値とモータの動作モードとに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、リアクトル電流の最小値が零以下であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、リアクトル電流の最小値が正であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、リアクトル電流の最大値が零以上であるとき、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、リアクトル電流の最大値が負であるとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

5 さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、必要な電源電流が正の臨界電流値以下であるとき、昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、正の臨界電流値は、モータの動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときの必要な電源電流の電流値である。

10 さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、必要な電源電流が正の臨界電流値よりも大きいとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

15 さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが力行モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における昇圧比と、必要な電源電流との関係を示し、かつ、正の臨界電流値が含まれるマップを保持しており、必要な電源電流をマップに含まれる正の臨界電流値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作を停止し、またはスイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

20 さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値以上であるとき、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、負の臨界電流値は、モータの動作モードが回生モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときの必要な電源電流の電流値である。

25 さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モードの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値よりも小さいとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが回生モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における降圧比と、必

要な電源電流との関係を示し、かつ、負の臨界電流値が含まれるマップを保持しており、必要な電源電流をマップに含まれる負の臨界電流値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による降圧動作を停止し、またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

5       さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、要求トルクが正の臨界トルク値以下であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、正の臨界トルク値は、モータの動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

10       さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、要求トルクが正の臨界トルク値よりも大きいとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

15       さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが力行モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における昇圧比と、要求トルクとの関係を示し、かつ、正の臨界トルク値が含まれるマップを保持しており、要求トルクをマップに含まれる正の臨界トルク値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作を停止し、またはスイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

20       さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値以上であるとき、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、負の臨界トルク値は、モータの動作モードが回生モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

25       さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モードの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値よりも小さいとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが回

生モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における降圧比と、要求トルクとの関係を示し、かつ、負の臨界トルク値が含まれるマップを保持しており、要求トルクをマップに含まれる負の臨界トルク値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による降圧動作を停止し、またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであるとき、アクセル開度に基づいてスイッチング動作による昇圧動作を停止するか否かを判定し、モータの動作モードが回生モードであるとき、要求トルクに基づいてスイッチング動作による降圧動作を停止するか否かを判定する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値以下であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、臨界アクセル開度値は、モータの動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときのアクセル開度の値である。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値よりも大きいとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが力行モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における昇圧比と、アクセル開度との関係を示し、かつ、臨界アクセル開度値が含まれるマップを保持しており、アクセル開度をマップに含まれる臨界アクセル開度値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作を停止し、またはスイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値以上であるとき、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、負の臨界トルク値は、モータの動作モードが回生モードであるときにリ



アクトル電流が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モードの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値よりも小さいとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器をさらに制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが回生モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における降圧比と、要求トルクとの関係を示し、かつ、負の臨界トルク値が含まれるマップを保持しており、要求トルクをマップに含まれる負の臨界トルク値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による降圧動作を停止し、またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、当該モータ駆動装置が搭載された自動車のアクセル開度とモータの動作モードとモータが要求パワーを出力するために必要な電源電流とに基づいてスイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであるとき、アクセル開度に基づいてスイッチング動作による昇圧動作を停止するか否かを判定し、モータの動作モードが回生モードであるとき、必要な電源電流に基づいてスイッチング動作による降圧動作を停止するか否かを判定する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値以下であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、臨界アクセル開度値は、モータの動作モードが力行モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときのアクセル開度の値である。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値よりも大きいとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器をさら

に制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが力行モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における昇圧比と、アクセル開度との関係を示し、かつ、臨界アクセル開度値が含まれるマップを保持  
5 しており、アクセル開度をマップに含まれる臨界アクセル開度値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による昇圧動作を停止し、またはスイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値以上である  
10 とき、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する。そして、負の臨界電流値は、モータの動作モードが回生モードであるときにリアクトル電流が零点と交差するときの必要な電源電流の電流値である。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モードの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値よりも小さいとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器をさらに  
15 制御する。

さらに、この発明によるモータ駆動装置においては、制御回路は、モータが回生モードにおいて要求パワーを出力するときの電圧変換器における降圧比と、必要な電源電流との関係を示し、かつ、負の臨界電流値が含まれるマップを保持し  
20 ており、必要な電源電流をマップに含まれる負の臨界電流値と比較した比較結果に応じてスイッチング動作による降圧動作を停止し、またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する。

この発明によるプログラムにおいては、第1のステップは、リアクトル電流の最大値および最小値を検出する第1のサブステップと、リアクトル電流の最大値の極性がリアクトル電流の最小値の極性と異なるとき、リアクトル電流が零点と交差すると判定する第2のサブステップと、リアクトル電流の最大値の極性がリアクトル電流の最小値の極性と同じであるとき、リアクトル電流が零点と交差しないと判定する第3のサブステップとを含む。また、第2のステップは、第2のサブステップの後、電源に入出力する電源電流を検出する第4のサブステップと、  
25

電源電流が電源から電圧変換器へ流れるとき、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第5のサブステップと、電源電流が電圧変換器から電源へ流れるとき、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第6のサブステップとを含む。

5       また、この発明によるプログラムは、リアクトル電流が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第3のステップをさらにコンピュータに実行させる。

10       さらに、この発明によるプログラムにおいては、第3のステップは、第3のサブステップの後、リアクトル電流の最大値またはリアクトル電流の最小値が正であるとき、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第7のサブステップと、第3のサブステップの後、リアクトル電流の最大値またはリアクトル電流の最小値が負であるとき、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第8のサブステップとを含む。

15       さらに、この発明によるプログラムにおいては、第1のステップは、リアクトル電流の最大値および最小値を検出する第1のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、リアクトル電流の最小値が零以下であるとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第2のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、リアクトル電流の最大値が零以上であるとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が  
20       零点と交差すると判定する第3のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、リアクトル電流の最小値が零よりも大きいとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第4のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、リアクトル電流の最大値が零よりも小さいとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と  
25       交差しないと判定する第5のサブステップとを含む。また、第2のステップは、第2のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第6のサブステップと、第3のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第7のサブステ

ップとを含む。

さらに、この発明によるプログラムは、リアクトル電流が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第3のステップをさらにコンピュータに実行させる。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第3のステップは、第4のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第8のサブステップと、第5のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第9のサブステップとを含む。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第1のステップは、モータが要求パワーを出力するために必要な電源電流を決定する第1のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、必要な電源電流が正の臨界電流値以下であるとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第2のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値以上であるとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第3のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、必要な電源電流が正の臨界電流値よりも大きいとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第4のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値よりも小さいとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第5のサブステップとを含む。また、第2のステップは、第2のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第6のサブステップと、第3のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第7のサブステップとを含む。そして、正の臨界電流値は、モータの動作モードが力行モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときの必要な電源電流の電流値である。また、負の臨界電流値は、モータの動作モードが回生モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときの必要な電源電流の電流値である。

さらに、この発明によるプログラムは、リアクトル電流が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第3のステップをさらにコンピュータに実行させる。

5      さらに、この発明によるプログラムにおいては、第3のステップは、第4のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第8のサブステップと、第5のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第9のサブステップとを含む。

10      さらに、この発明によるプログラムにおいては、第1のステップは、モータの要求トルクを受ける第1のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、要求トルクが正の臨界トルク値以下であるとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第2のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値以上であるとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第3のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、要求トルクが正の臨界トルク値よりも大きいとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第4のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値よりも小さいとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第5のサブステップとを含む。また、第2のステップは、第2のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第6のサブステップと、第3のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第7のサブステップとを含む。そして、正の臨界トルク値は、モータの動作モードが力行モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。負の臨界トルク値は、モータの動作モードが回生モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

25      さらに、この発明によるプログラムは、リアクトル電流が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を

行なうように電圧変換器を制御する第3のステップをさらにコンピュータに実行させる。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第3のステップは、第4のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第8のサブステップと、第5のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第9のサブステップとを含む。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第1のステップは、自動車のアクセル開度を受ける第1のサブステップと、モータが要求パワーを出力するために必要な電源電流を決定する第2のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値以下であるとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第3のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値以上であるとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第4のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値よりも大きいとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第5のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、必要な電源電流が負の臨界電流値よりも小さいとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第6のサブステップとを含む。また、第2のステップは、第3のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第7のサブステップと、第4のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第8のサブステップとを含む。そして、臨界アクセル開度値は、モータの動作モードが力行モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときのアクセル開度の値である。また、負の臨界電流値は、モータの動作モードが回生モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときの必要な電源電流の電流値である。

さらに、この発明によるプログラムは、リアクトル電流が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第3のステップをさらにコンピュータに実行

させる。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第3のステップは、第5のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第9のサブステップと、第6のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第10のサブステップとを含む。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第1のステップは、自動車のアクセル開度を受ける第1のサブステップと、モータの要求トルクを受ける第2のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値以下であるとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第3のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値以上であるとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差すると判定する第4のサブステップと、モータの動作モードが力行モードであり、かつ、アクセル開度が臨界アクセル開度値よりも大きいとき、モータの力行モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第5のサブステップと、モータの動作モードが回生モードであり、かつ、要求トルクが負の臨界トルク値よりも小さいとき、モータの回生モードにおいてリアクトル電流が零点と交差しないと判定する第6のサブステップとを含む。また、第2のステップは、第3のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第7のサブステップと、第4のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を停止するように電圧変換器を制御する第8のサブステップとを含む。臨界アクセル開度値は、モータの動作モードが力行モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときのアクセル開度の値である。また、負の臨界トルク値は、モータの動作モードが回生モードにあるときにリアクトル電流が零点と交差するときの要求トルクのトルク値である。

さらに、この発明によるプログラムは、リアクトル電流が零点と交差しないとき、スイッチング動作による昇圧動作またはスイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第3のステップをさらにコンピュータに実行

させる。

さらに、この発明によるプログラムにおいては、第3のステップは、第5のサブステップの後、スイッチング動作による昇圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第9のサブステップと、第6のサブステップの後、スイッチング動作による降圧動作を行なうように電圧変換器を制御する第10のサブステップとを含む。

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 産業上の利用可能性

この発明は、スイッチング損失を低減可能なモータ駆動装置に適用される。また、この発明は、スイッチング損失を低減可能なモータ駆動装置を搭載した自動車に適用される。さらに、この発明は、スイッチング損失を低減可能な電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体に適用される。



## 請求の範囲

1. モータを駆動するインバータ（14）と、

5        スイッチング素子（Q1, Q2）およびリアクトル（L1）を含み、前記スイッチング素子（Q1, Q2）のスイッチング動作により電源（B）と前記インバータ（14）との間で直流電圧を変換する電圧変換器（12）と、

10        前記リアクトル（L1）に流れるリアクトル電流が零点と交差するとき、前記スイッチング動作を停止するように前記電圧変換器（12）を制御する制御回路（302, 302A, 302B, 302C, 302D, 302E）とを備えるモータ駆動装置。

2. モータを駆動する駆動装置（14）と、

      スイッチング素子（Q1, Q2）およびリアクトル（L1）を含み、前記スイッチング素子（Q1, Q2）のスイッチング動作により電源（B）と前記駆動装置（14）との間で電圧を変換する電圧変換器（12）と、

15        前記リアクトル（L1）に流れるリアクトル電流が零点と交差する場合、前記リアクトル電流が前記零点と交差しながら変化する期間、前記スイッチング動作を停止するように前記電圧変換器（12）を制御する制御回路（302, 302A, 302B, 302C, 302D, 302E）とを備えるモータ駆動装置。

20        3. 前記制御回路（302）は、前記電源（B）に入出力する電源電流と、前記リアクトル電流の最大値および最小値とに基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて前記スイッチング動作による昇圧動作または前記スイッチング動作による降圧動作を停止するように前記電圧変換器（12）を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

4. 前記電源電流を検出する第1の電流センサー（11）と、

25        前記リアクトル電流を検出する第2の電流センサー（18）とをさらに備え、前記制御回路（302）は、前記第2の電流センサー（18）により検出されたりアクトル電流に基づいて前記リアクトル電流の最大値および最小値を検出し、その検出したリアクトル電流の最大値および最小値と前記第1の電流センサー（11）より検出された電源電流とに基づいて前記スイッチング動作を停止する

か否かを判定する、請求の範囲第3項に記載のモータ駆動装置。

5 5. 前記制御回路(302)は、前記リアクトル電流の最大値の極性が前記リアクトル電流の最小値の極性と異なり、かつ、前記電源電流が前記電源(B)から前記電圧変換器(12)へ流れるとき、前記昇圧動作を停止するように前記電圧変換器(12)を制御する、請求の範囲第3項に記載のモータ駆動装置。

6. 前記制御回路(302)は、前記リアクトル電流の最大値の極性が前記リアクトル電流の最小値の極性と異なり、かつ、前記電源電流が前記電圧変換器(12)から前記電源(B)へ流れるとき、前記降圧動作を停止するように前記電圧変換器(12)を制御する、請求の範囲第3項に記載のモータ駆動装置。

10 7. 前記制御回路(302)は、前記電圧変換器(12)に入出力する電流に基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて、前記スイッチング動作を停止するように前記電圧変換器(12)を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

15 8. 前記制御回路(302, 302A, 302B, 302C, 302D, 302E)は、前記リアクトル電流が前記零点と交差しないとき、前記スイッチング動作による昇圧動作または前記スイッチング動作による降圧動作を行なうように前記電圧変換器(12)をさらに制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

20 9. 前記制御回路(302A)は、前記モータ(M1)の動作モードと前記リアクトル電流の最大値および最小値とに基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて前記スイッチング動作による昇圧動作または前記スイッチング動作による降圧動作を停止するように前記電圧変換器(12)を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

25 10. 前記制御回路(302B)は、前記モータ(M1)の動作モードと前記モータ(M1)が要求パワーを出力するために必要な電源電流とに基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて前記スイッチング動作による昇圧動作または前記スイッチング動作による降圧動作を停止するように前記電圧変換器(12)を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

1 1. 前記制御回路 (302B) は、前記モータ (M1) が要求パワーを出力するために必要な電源電流に基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、前記必要な電源電流が零である場合、前記スイッチング動作を停止するように前記電圧変換器 (12) を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

1 2. 前記制御回路 (302C) は、前記モータ (M1) の動作モードと前記モータ (M1) の要求トルクとに基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて前記スイッチング動作による昇圧動作または前記スイッチング動作による降圧動作を停止するように前記電圧変換器 (12) を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

1 3. 前記制御回路 (302D) は、当該モータ駆動装置 (100D) が搭載された自動車のアクセル開度と前記モータ (M1) の動作モードと前記モータ (M1) の要求トルクとに基づいて前記スイッチング動作を停止するか否かを判定し、その判定結果に応じて前記スイッチング動作による昇圧動作または前記スイッチング動作による降圧動作を停止するように前記電圧変換器 (12) を制御する、請求の範囲第1項または第2項に記載のモータ駆動装置。

1 4. モータを駆動する駆動装置 (54) と、

電力を発電する発電装置 (55) と、

前記発電装置 (55) を駆動する発電駆動装置 (56) と、

スイッチング素子 (Q1, Q2) およびリアクトル (L1) を含み、前記スイッチング素子 (Q1, Q2) のスイッチング動作により電源 (51) と前記駆動装置 (54)、前記発電装置 (55) および前記発電駆動装置 (56) との間で直流電圧を変換する電圧変換器 (53) と、

前記電圧変換器 (53) を介して前記駆動装置 (54)、前記発電装置 (55) および前記発電駆動装置 (56) 側から前記電源 (51) へ供給される充電電力量が前記電圧変換器 (53) における電力損失値よりも小さい場合、前記充電電力量が前記電力損失値よりも小さい期間、前記スイッチング動作を停止するように前記電圧変換器 (53) を制御する制御回路 (57) とを備えるモータ駆動装置。

15. 前記充電電力量は、前記駆動装置（54）の負荷指令、前記発電駆動装置（56）の消費電力および前記発電装置（55）の発電電力に基づいて決定される、請求の範囲第14項に記載のモータ駆動装置。

16. モータを駆動する駆動装置（54）と、

5 電力を発電する発電装置（55）と、

前記発電装置（55）を駆動する発電駆動装置（56）と、

スイッチング素子（Q1, Q2）およびリアクトル（L1）を含み、前記スイッチング素子（Q1, Q2）のスイッチング動作により電源（51）と前記駆動装置（54）、前記発電装置（55）および前記発電駆動装置（56）との間で  
10 直流電圧を変換する電圧変換器（53）と、

前記電圧変換器（53）を介して前記駆動装置（54）、前記発電装置（55）および前記発電駆動装置（56）側から前記電源（51）へ供給される充電電流量が前記電圧変換器（53）における電流損失値よりも小さい場合、前記充電電流量が前記電流損失値よりも小さい期間、前記スイッチング動作を停止するように前記電圧変換器（53）を制御する制御回路（57）とを備えるモータ駆動装置。  
15

17. 前記充電電流量を検出する電流センサー（58）をさらに備える、請求の範囲第16項に記載のモータ駆動装置。

18. 車輪（111）と、

20 前記車輪（111）を駆動するモータ（MG2）と、

前記モータ（MG2）を駆動する請求の範囲第1項、第2項、第14項～第17項のいずれか1項に記載のモータ駆動装置（100, 100A, 100B, 100C, 100D, 100E, 100F, 100G）とを備える自動車。

19. 電源（B）と、モータ（M1）を駆動する駆動装置（14）との間における電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、  
25

前記電圧変換を行なう電圧変換器（12）に含まれるリアクトル（L1）に流れるリアクトル電流が零点と交差するか否かを判定する第1のステップと、

前記リアクトル電流が前記零点と交差する場合、前記リアクトル電流が前記零

点と交差しながら変化する期間、前記電圧変換器（１２）に含まれるスイッチング素子（Ｑ１，Ｑ２）のスイッチング動作を停止するように前記電圧変換器（１２）を制御する第２のステップとをコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

- 5 20. モータ駆動装置（１００Ｆ）における電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、

前記モータ駆動装置（１００Ｆ）は、

モータを駆動する駆動装置（５４）と、

- 10 電力を発電する発電装置（５５）と、

前記発電装置（５５）を駆動する発電駆動装置（５６）と、

電源（５１）と、前記駆動装置（５４）、前記発電装置（５５）および前記発電駆動装置（５６）との間で電圧変換を行なう電圧変換器（５３）とを備え、

前記プログラムは、

- 15 前記駆動装置（５４）、前記発電装置（５５）および前記発電駆動装置（５６）側から前記電源（５１）へ供給される充電電力量が前記電圧変換器（５３）における電力損失値よりも小さいか否かを判定する第１のステップと、

前記充電電力量が前記電力損失値よりも小さい場合、前記充電電力量が前記電力損失値よりも小さい期間、前記電圧変換器（５３）に含まれるスイッチング素子（Ｑ１，Ｑ２）のスイッチング動作を停止するように前記電圧変換器（５３）を制御する第２のステップとをコンピュータに実行させる、コンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

20

21. モータ駆動装置（１００Ｇ）における電圧変換の制御をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であって、

25

前記モータ駆動装置（１００Ｇ）は、

モータを駆動する駆動装置（５４）と、

電力を発電する発電装置（５５）と、

前記発電装置（５５）を駆動する発電駆動装置（５６）と、

電源（５１）と、前記駆動装置（５４）、前記発電装置（５５）および前記発電駆動装置（５６）との間で電圧変換を行なう電圧変換器（５３）とを備え、  
前記プログラムは、

- 5 前記駆動装置（５４）、前記発電装置（５５）および前記発電駆動装置（５  
６）側から前記電源（５１）へ供給される充電電流量が前記電圧変換器（５３）  
における電流損失値よりも小さいか否かを判定する第１のステップと、

- 前記充電電流量が前記電流損失値よりも小さい場合、前記充電電流量が前記電  
流損失値よりも小さい期間、前記電圧変換器（５３）に含まれるスイッチング素  
子（Ｑ１，Ｑ２）のスイッチング動作を停止するように前記電圧変換器（５３）  
10. を制御する第２のステップとをコンピュータに実行させる、コンピュータに実行  
させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

FIG. 1

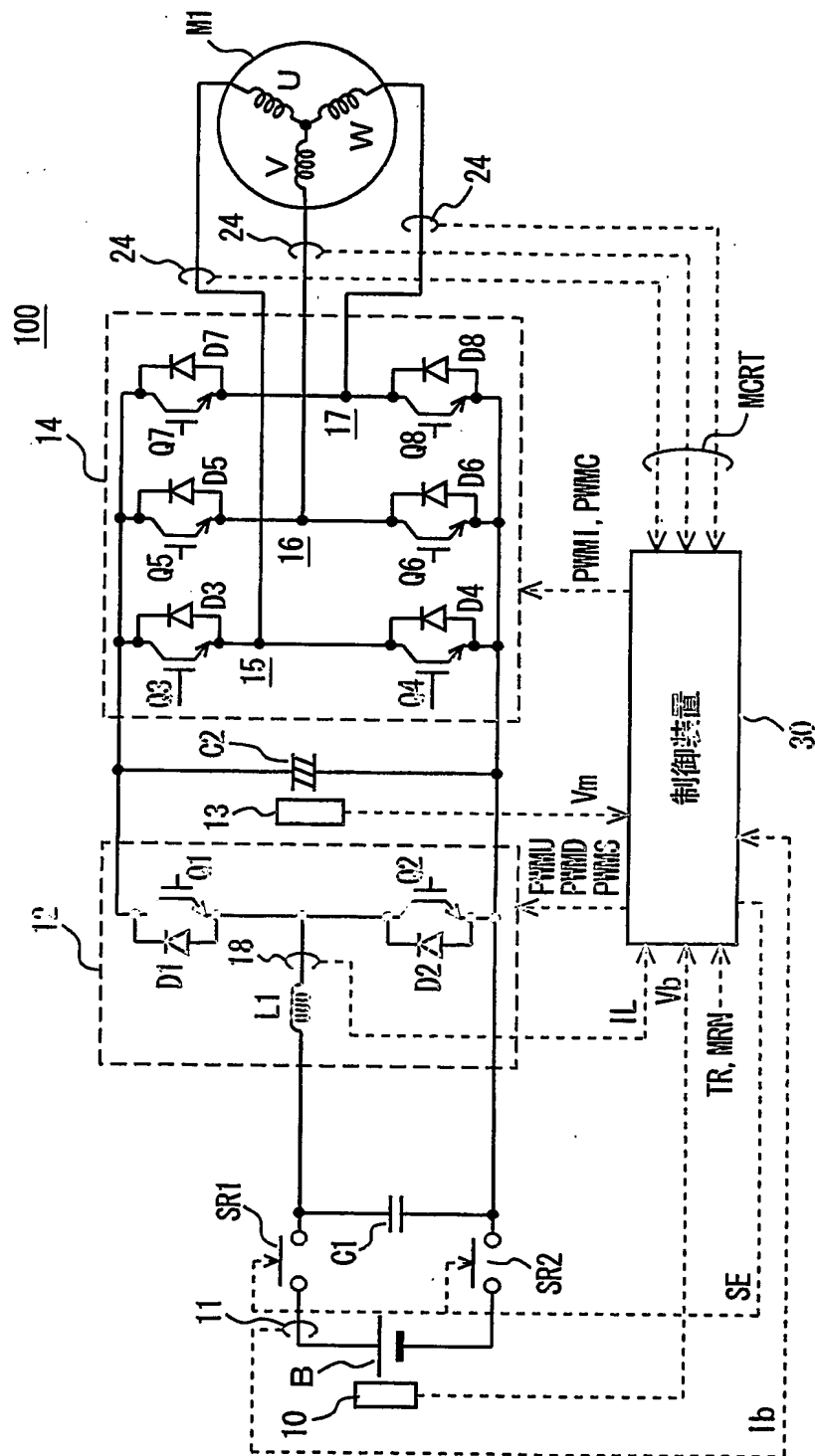


FIG. 2

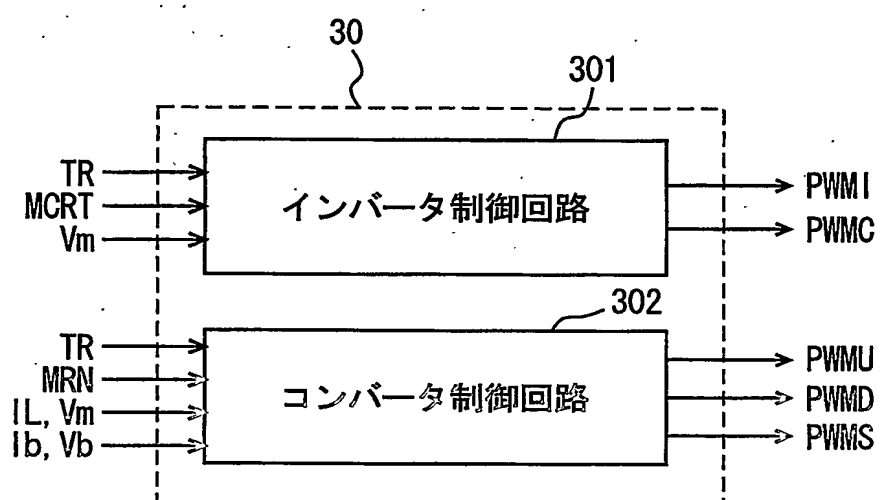




FIG. 3

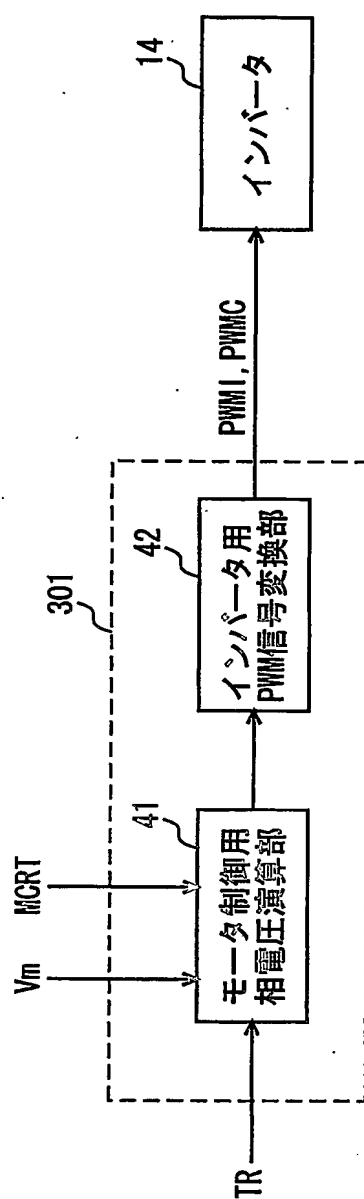


FIG. 4

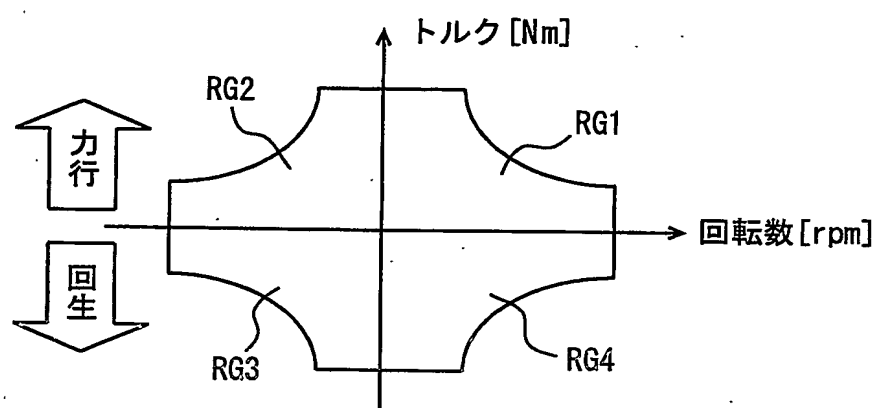


FIG. 5

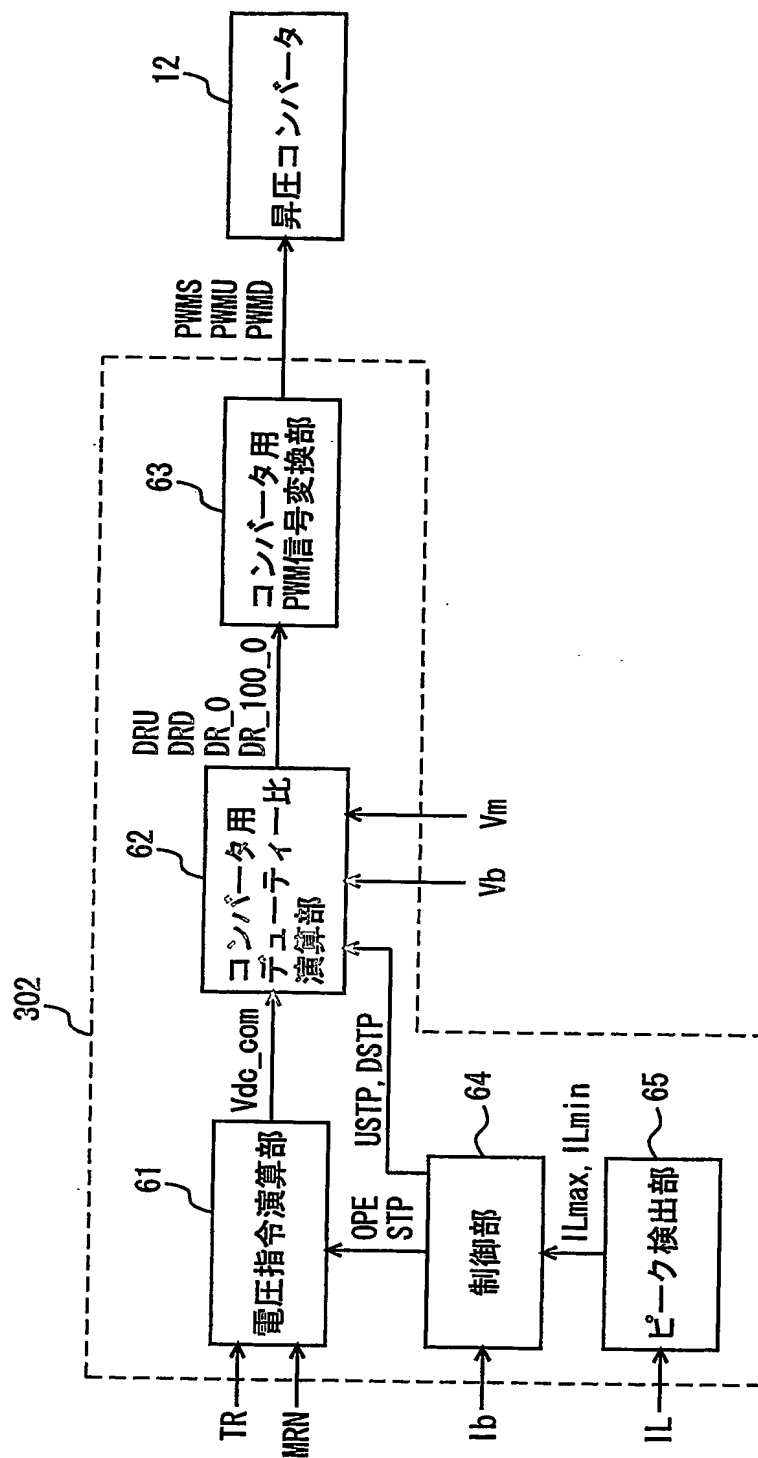


FIG. 6

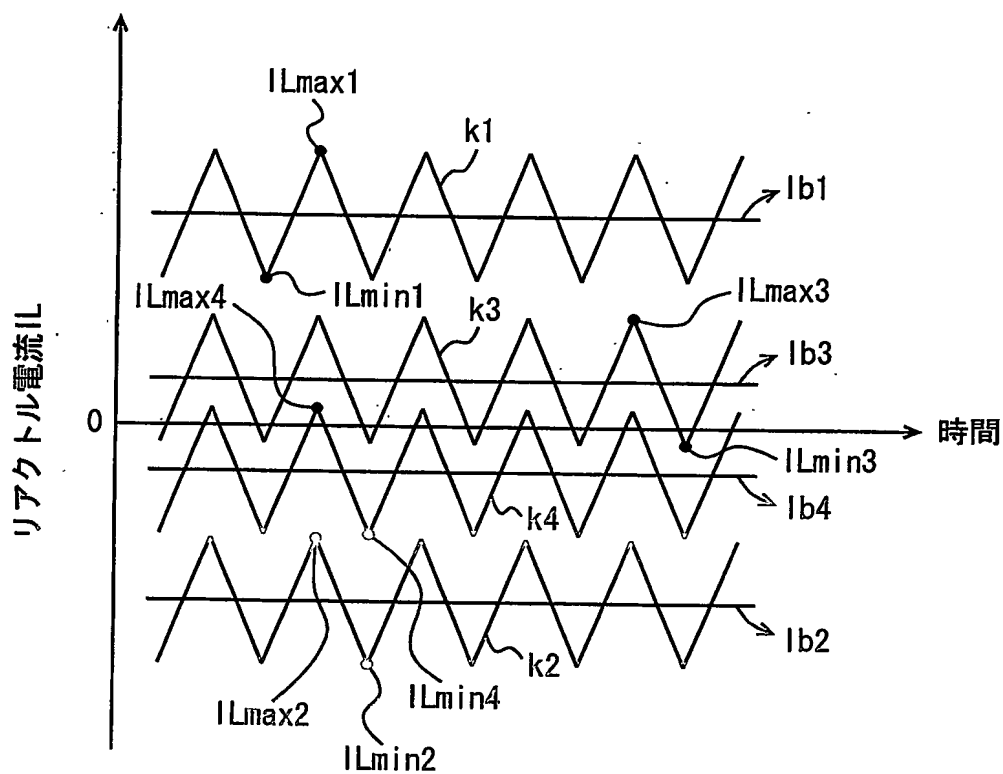


FIG. 7

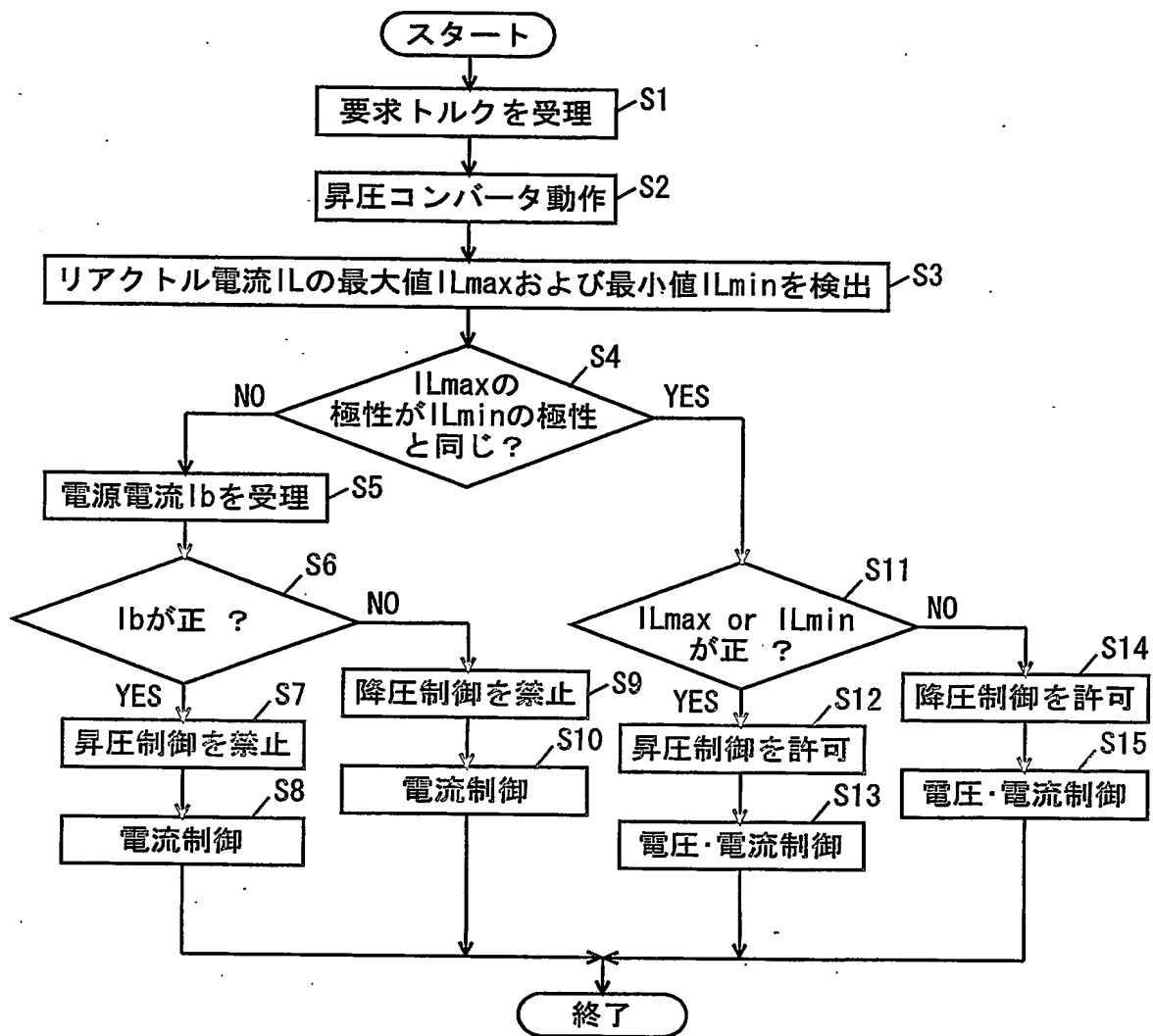


FIG. 8

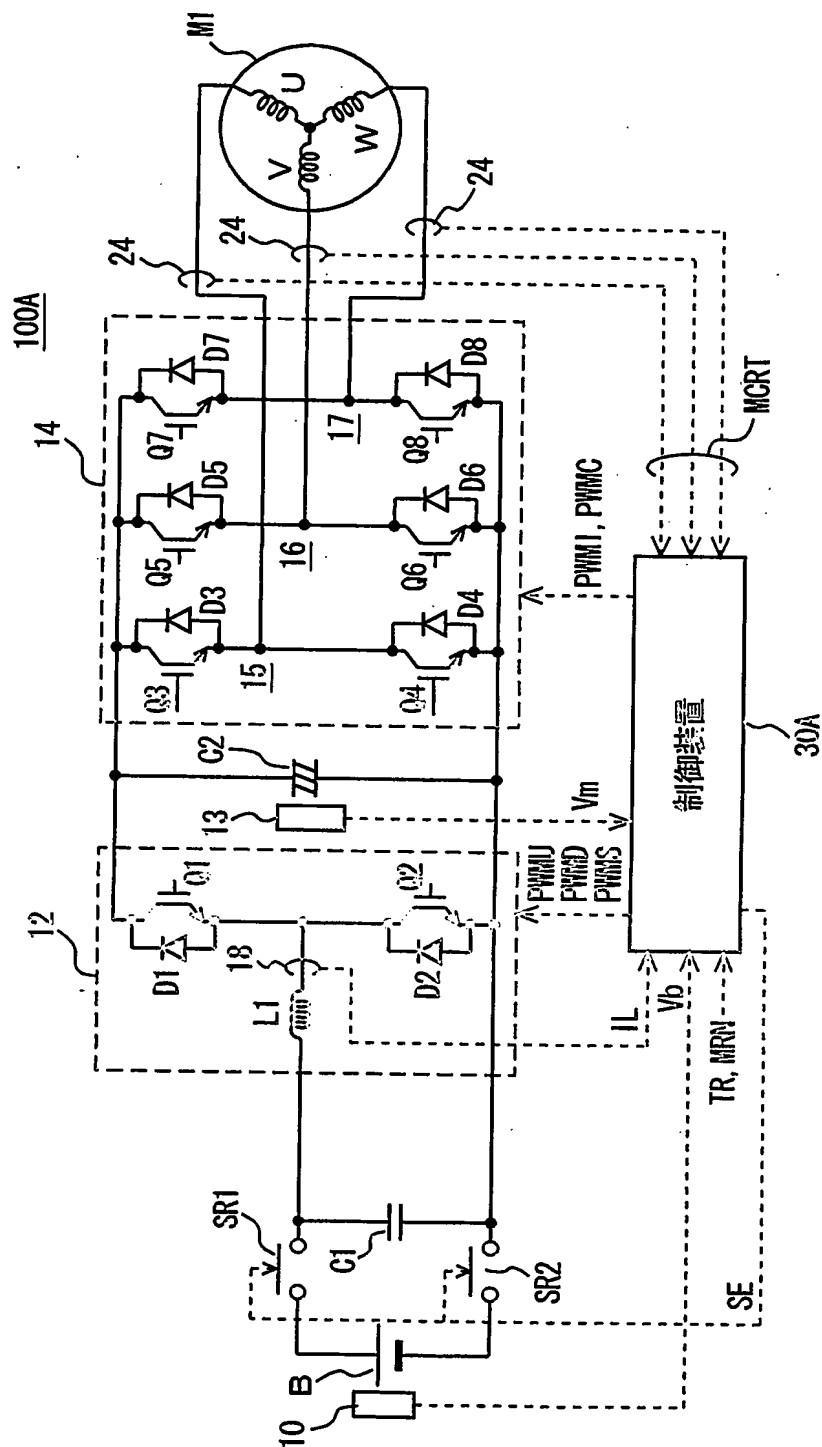


FIG. 9

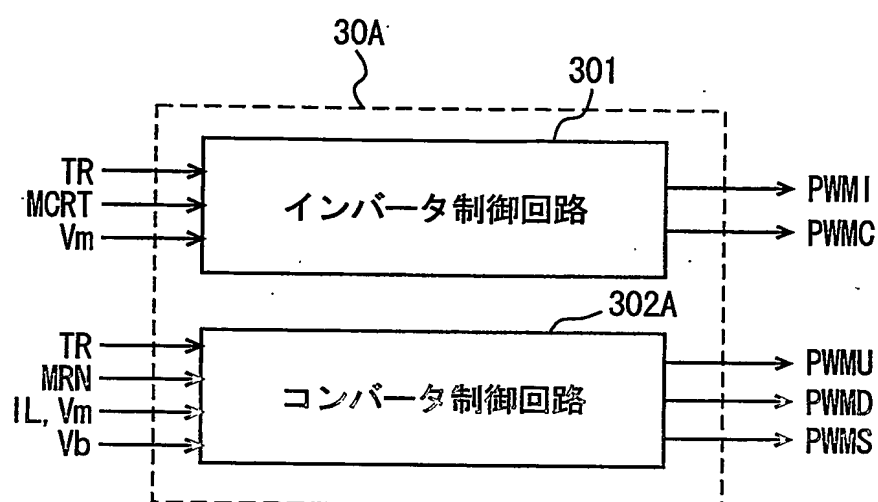


FIG. 10

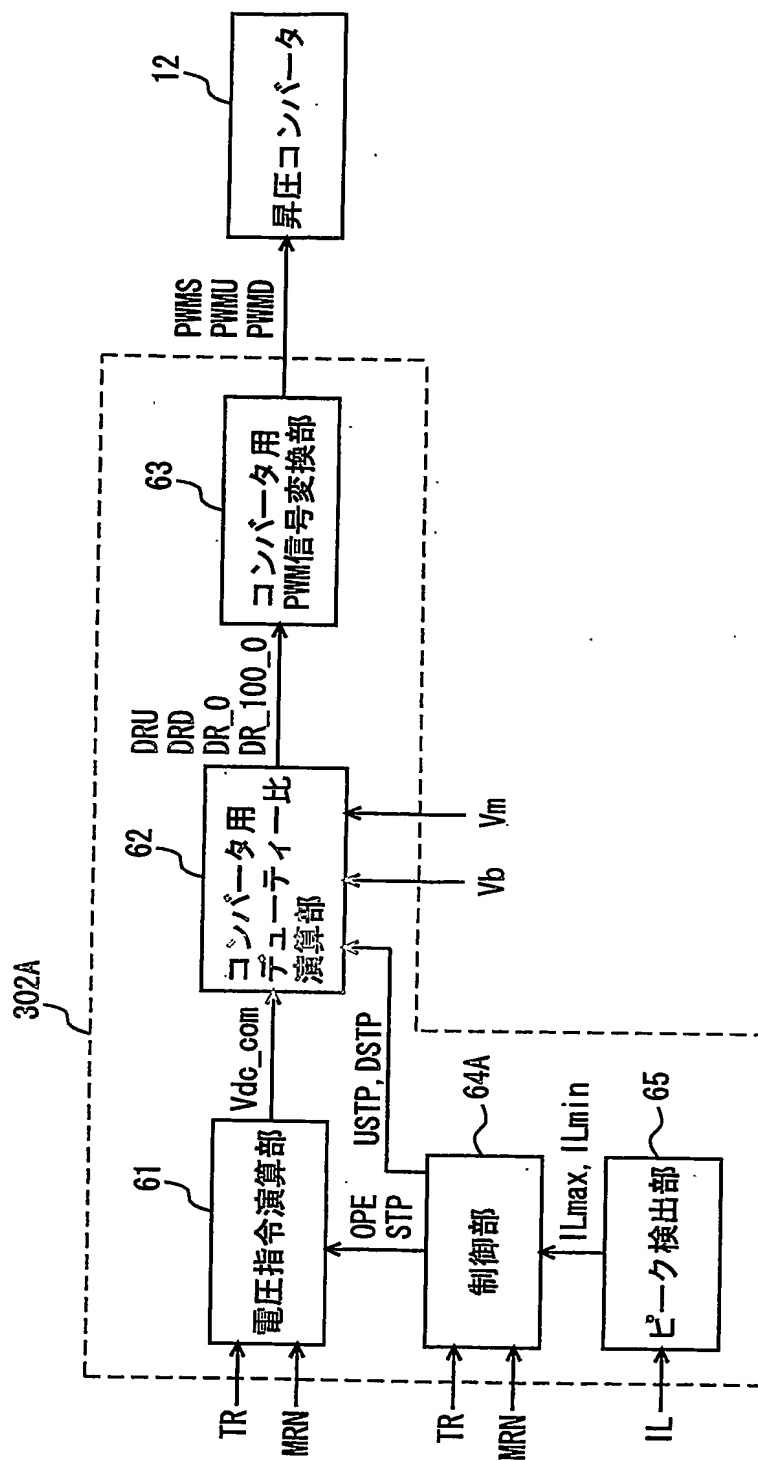




FIG. 1.1

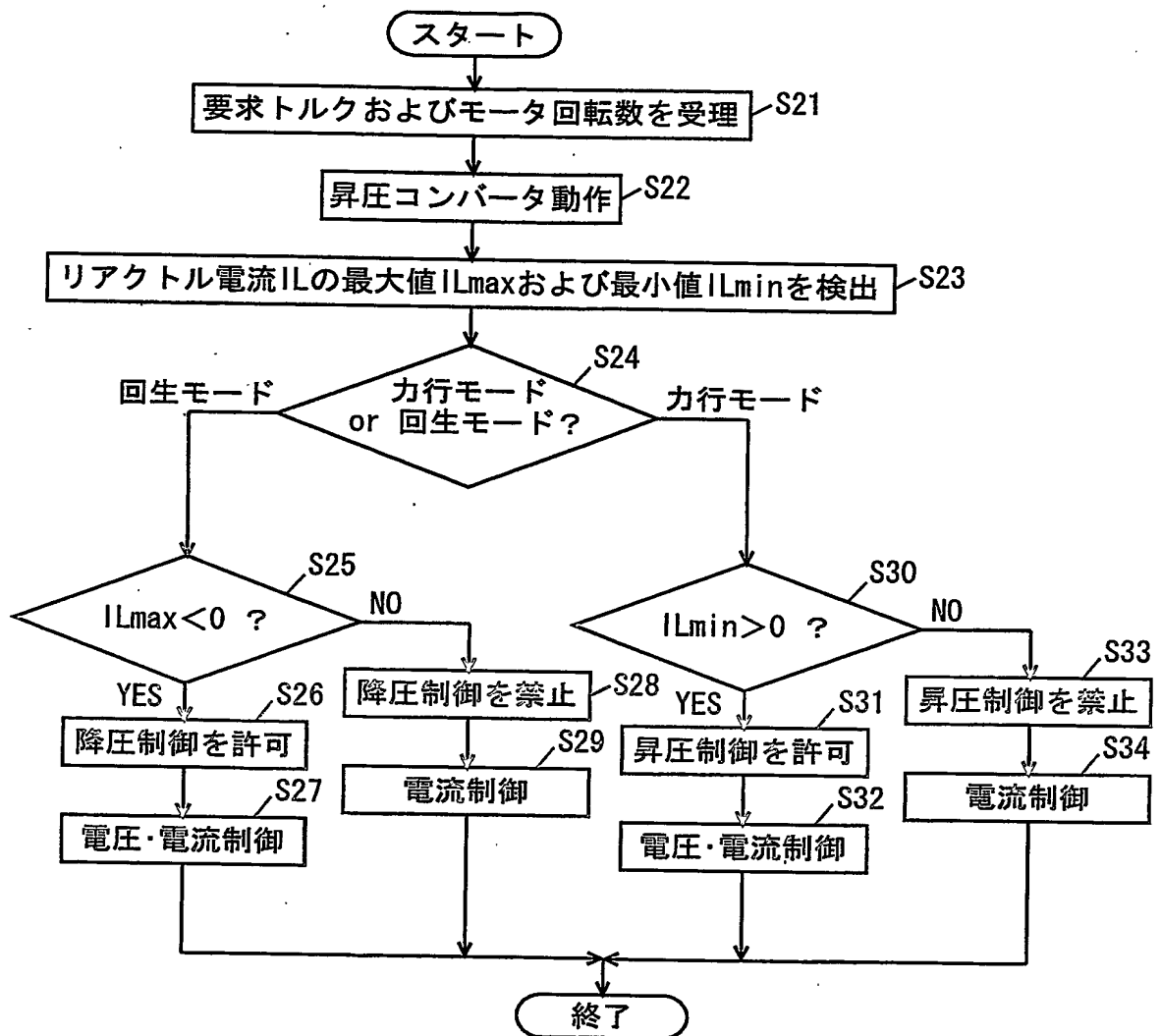


FIG. 12

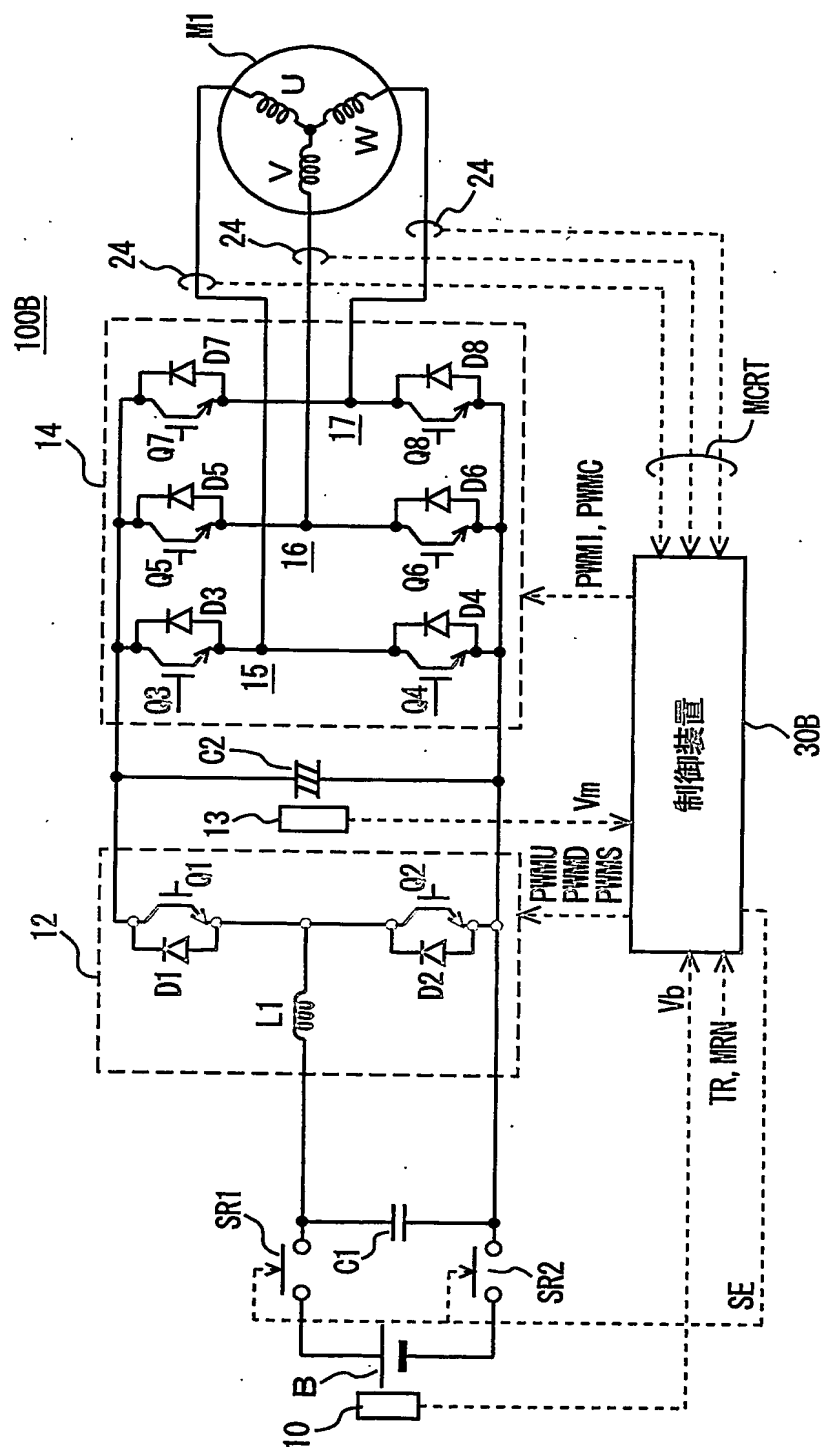


FIG. 13

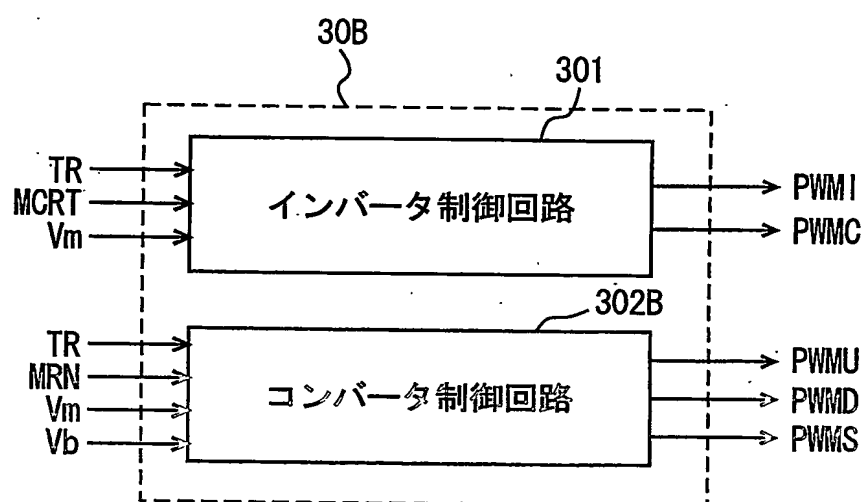


FIG. 14

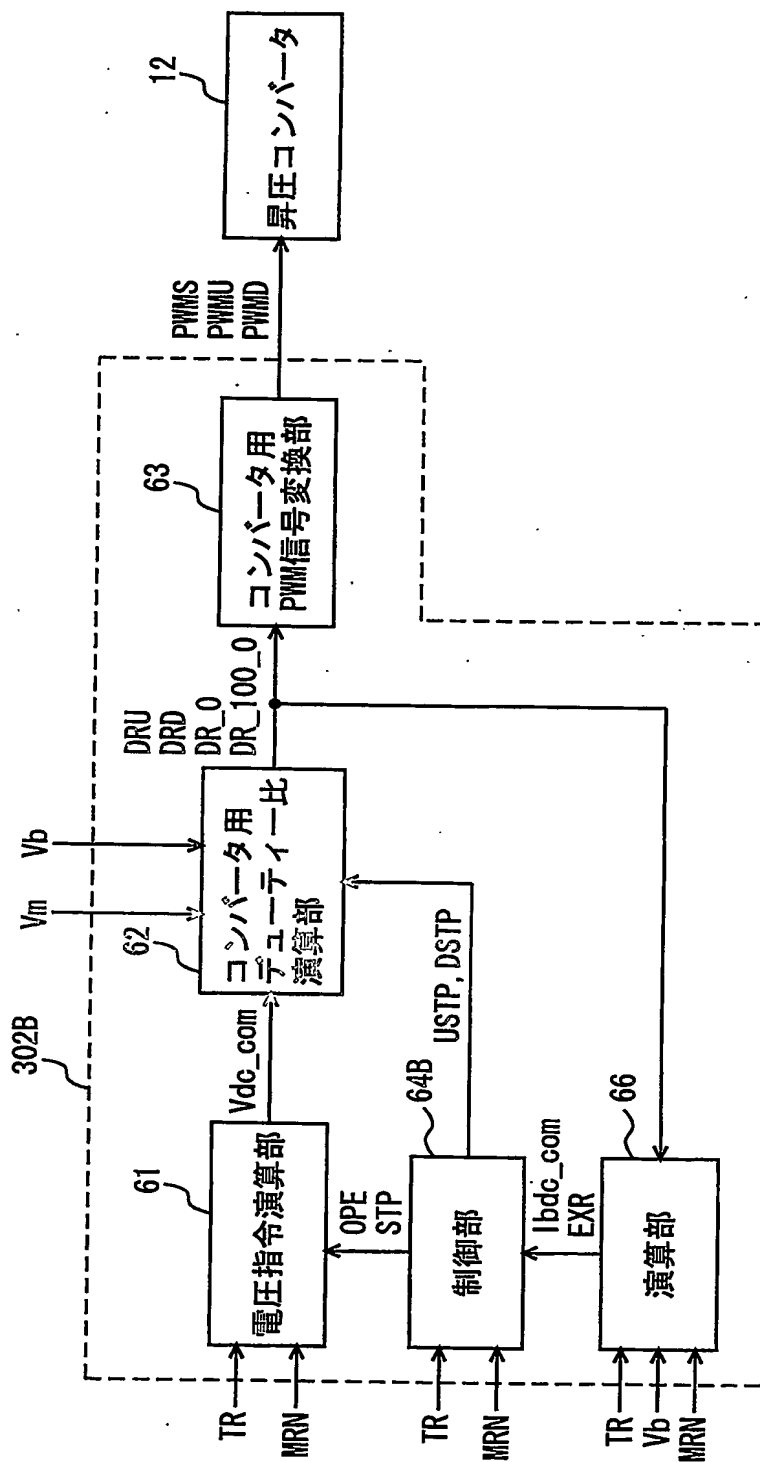


FIG. 15

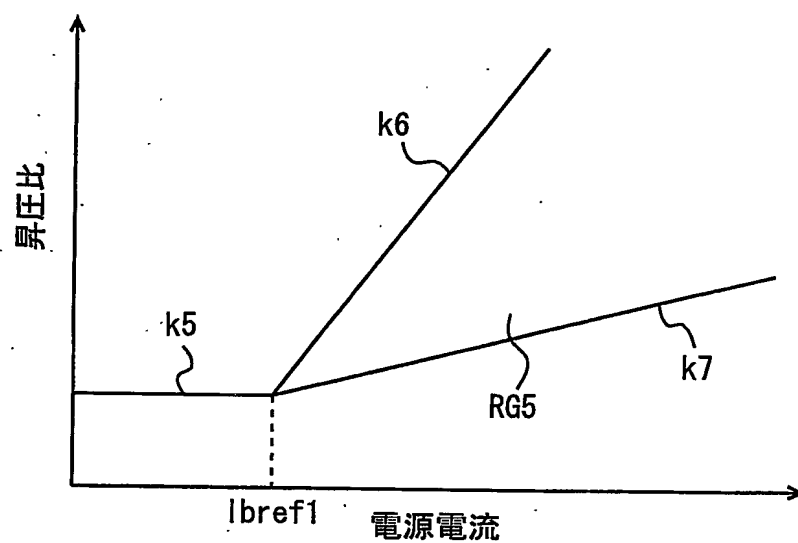


FIG. 16

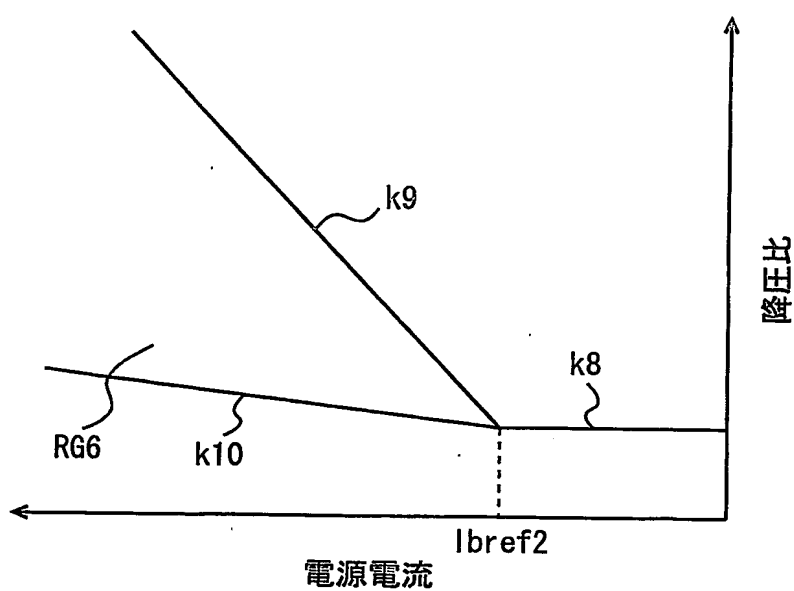


FIG. 17

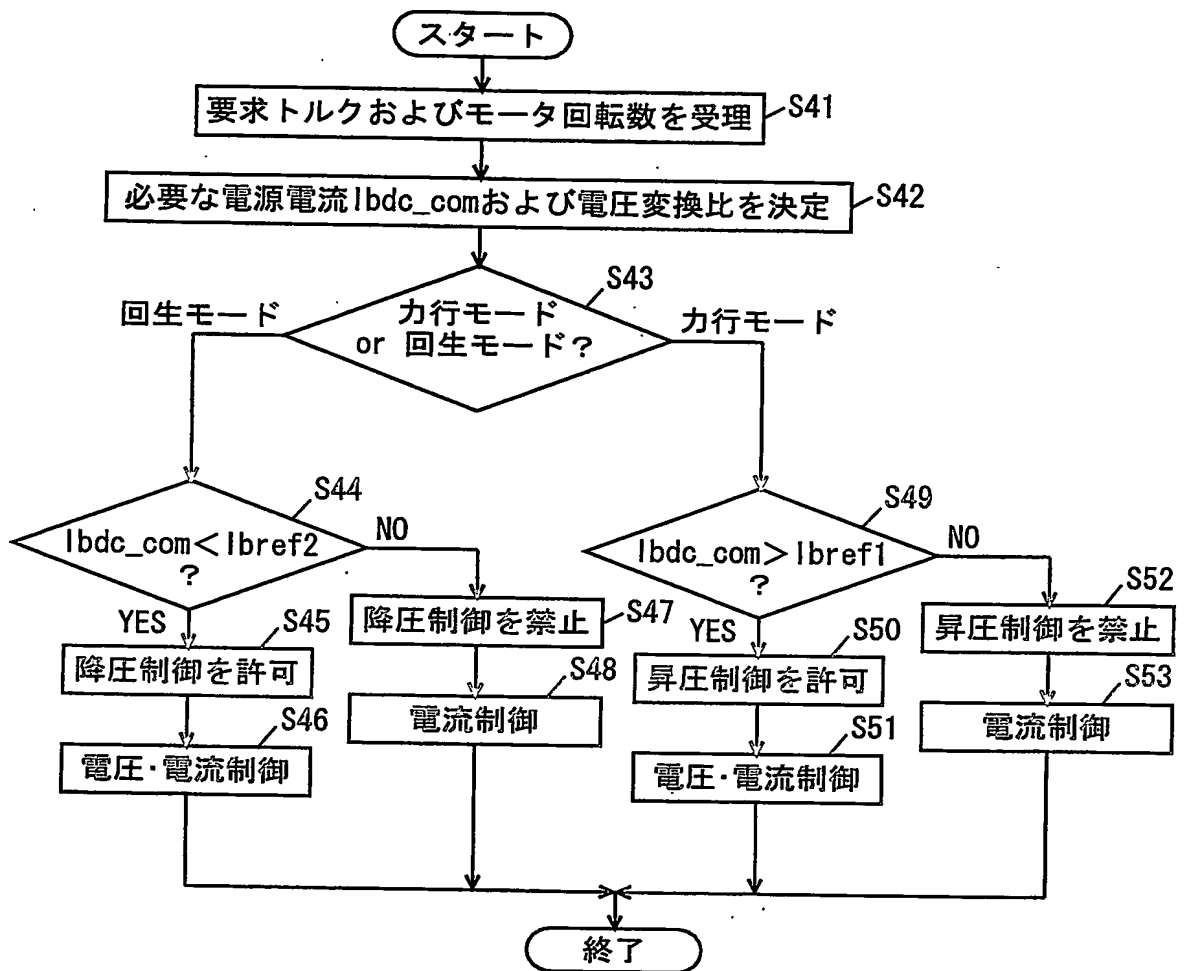


FIG. 18

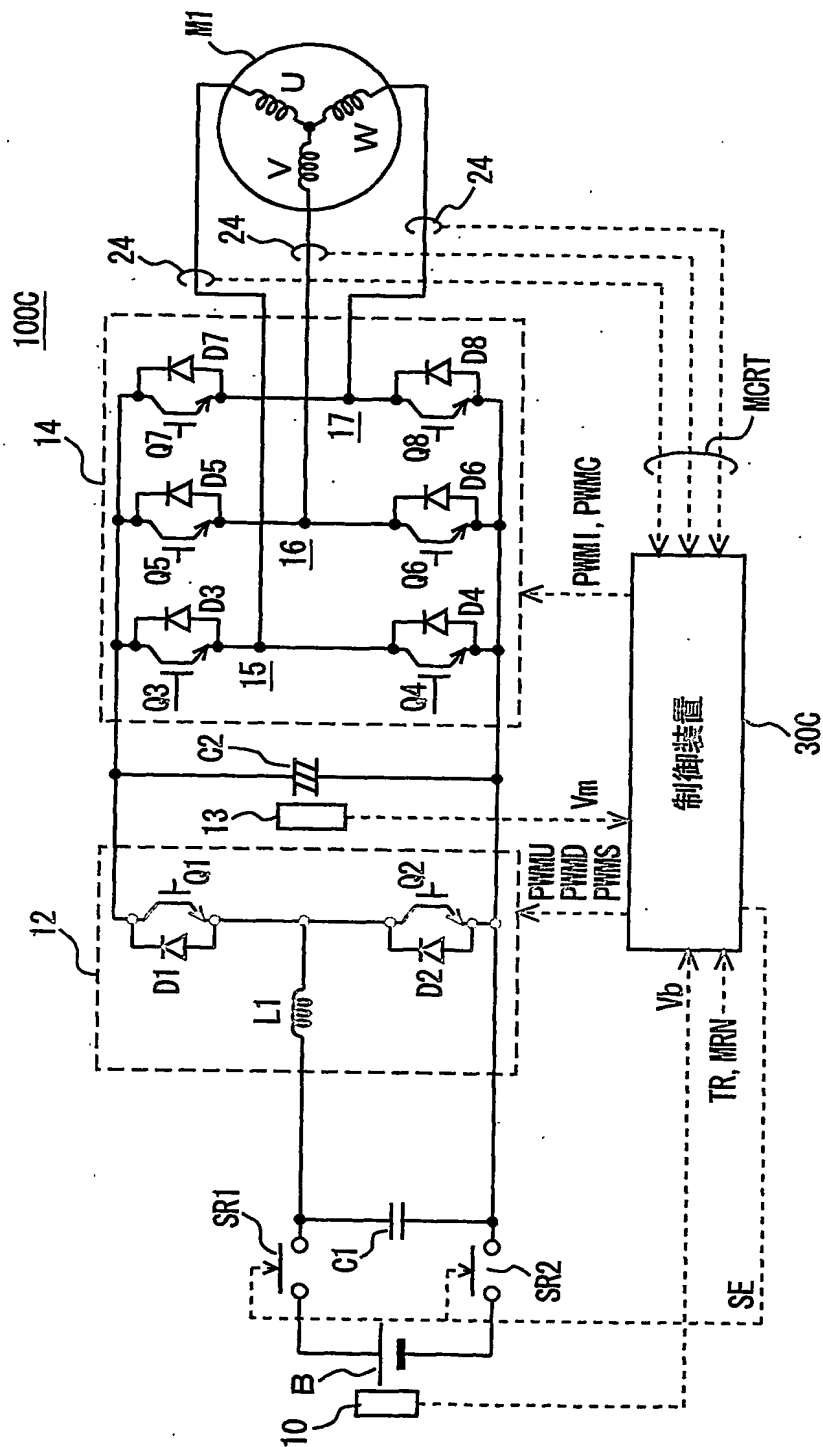


FIG. 19

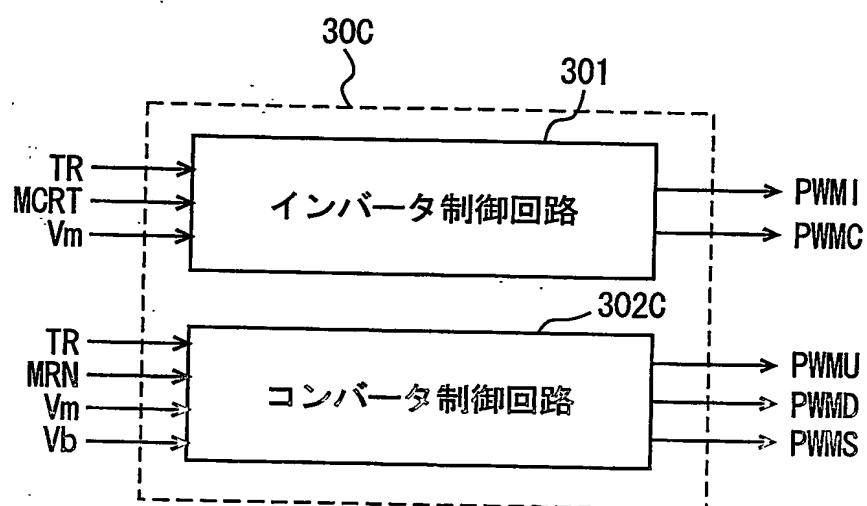




FIG. 20

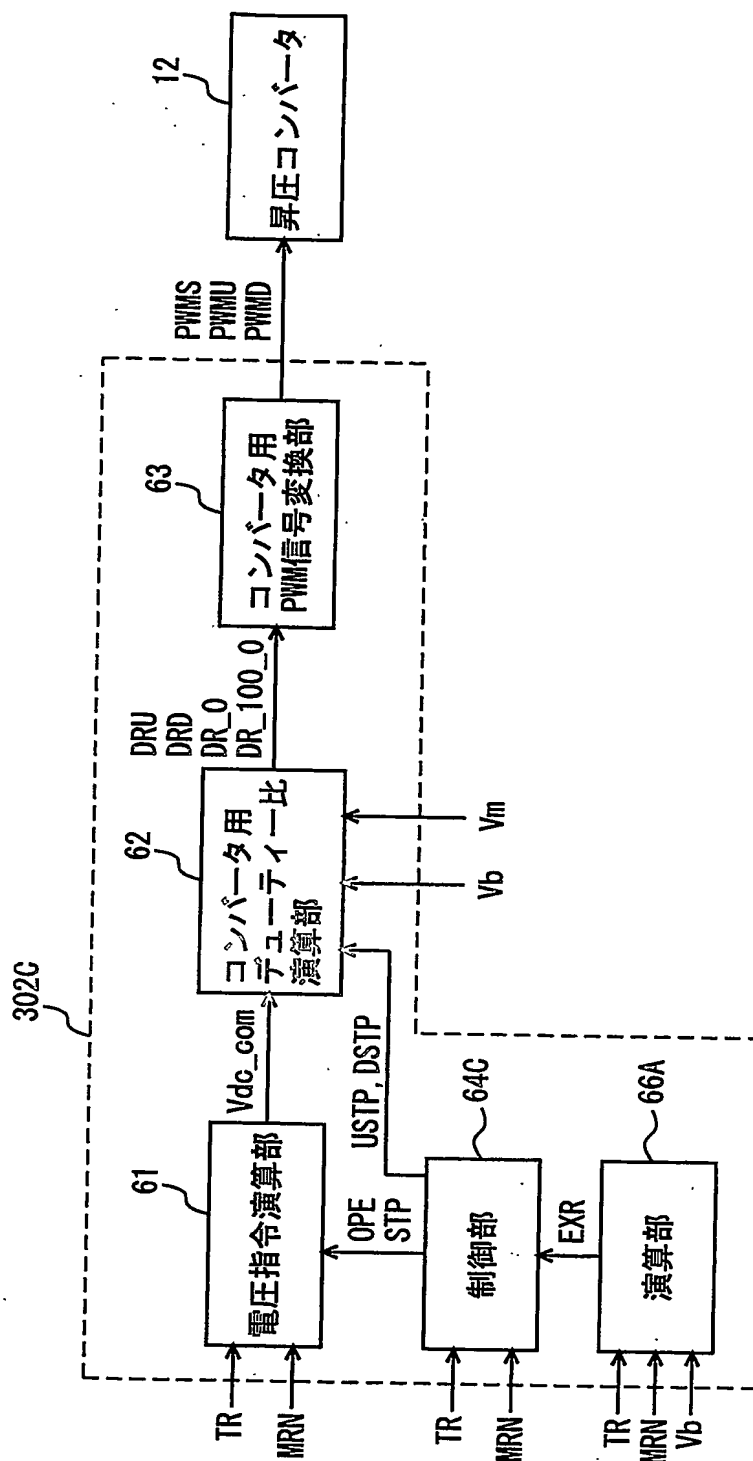


FIG. 21

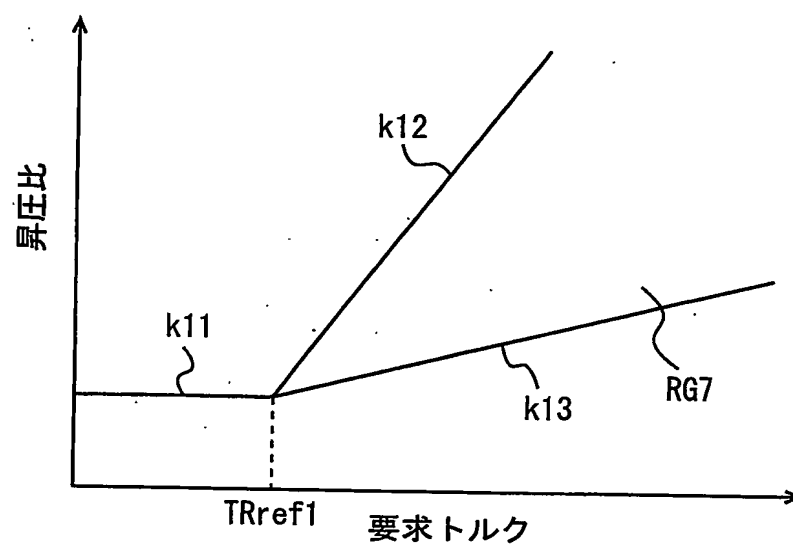


FIG. 22

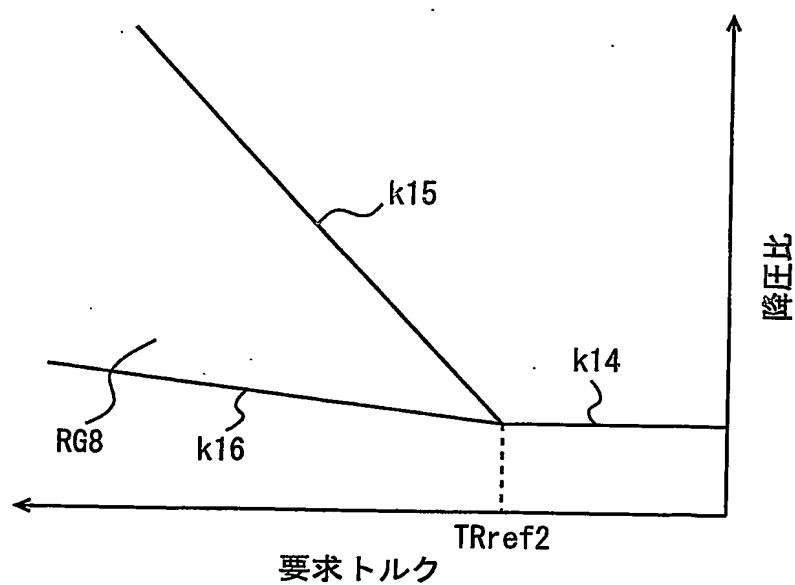


FIG. 23

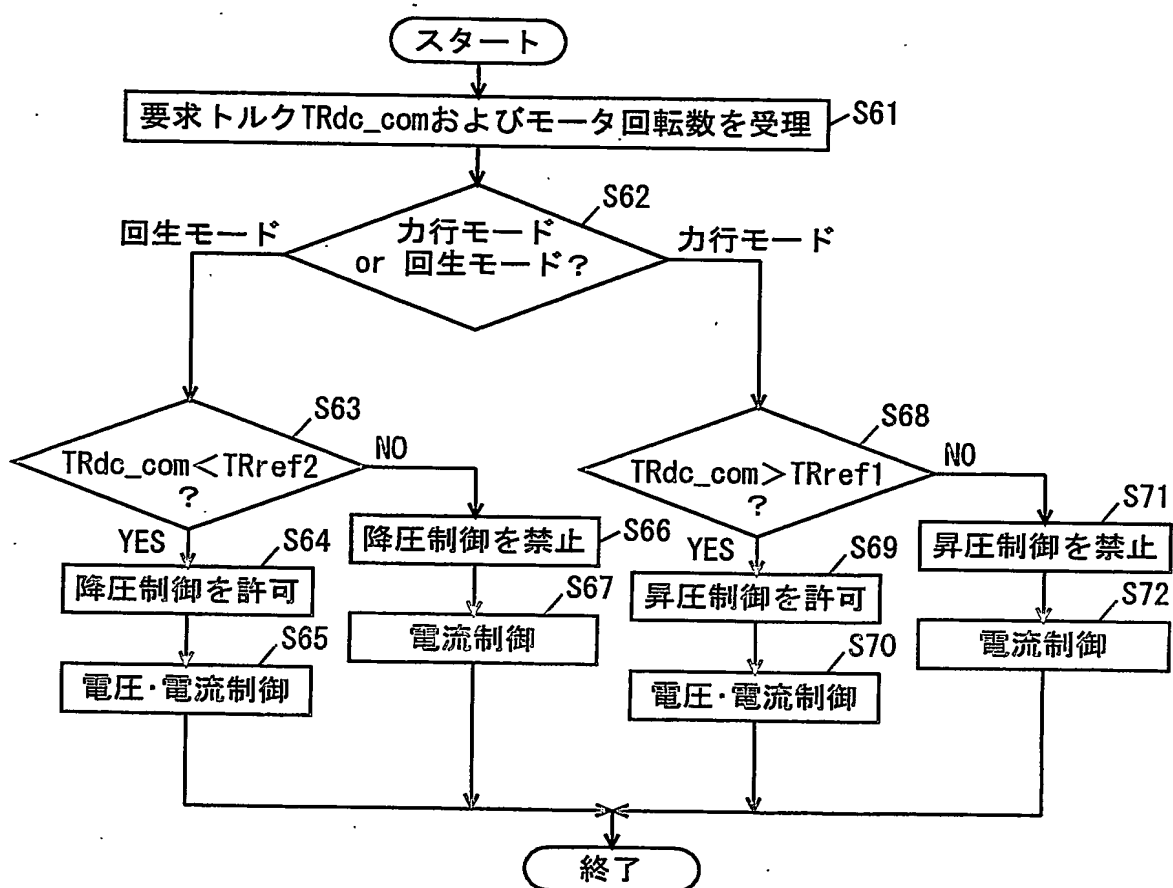


FIG. 24

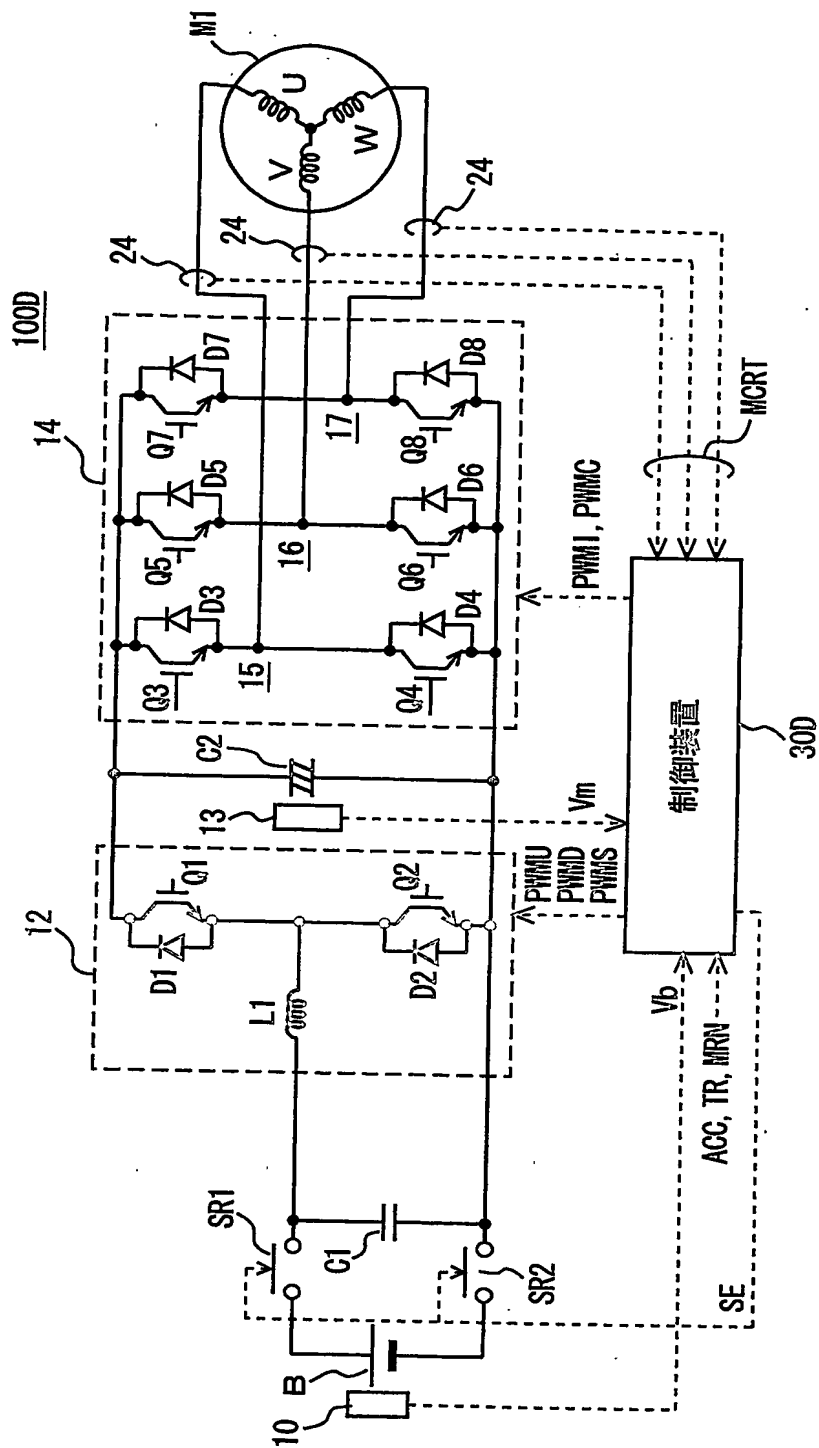


FIG. 25

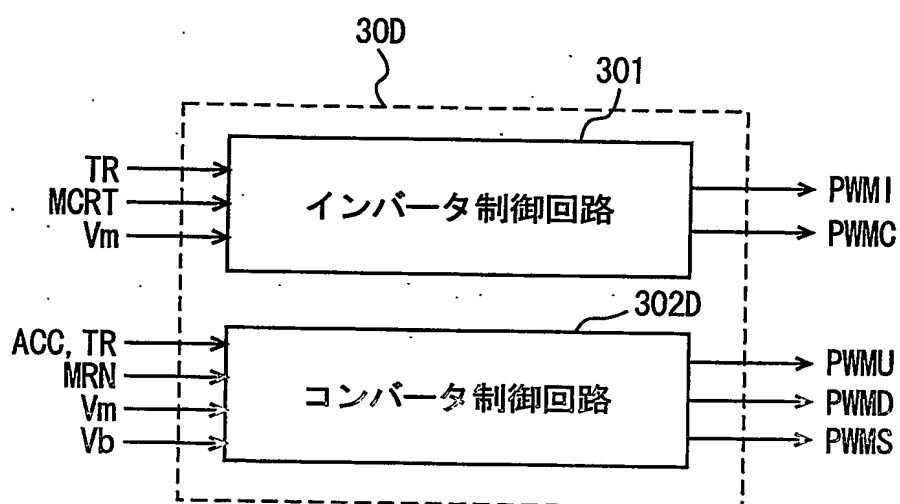


FIG. 26

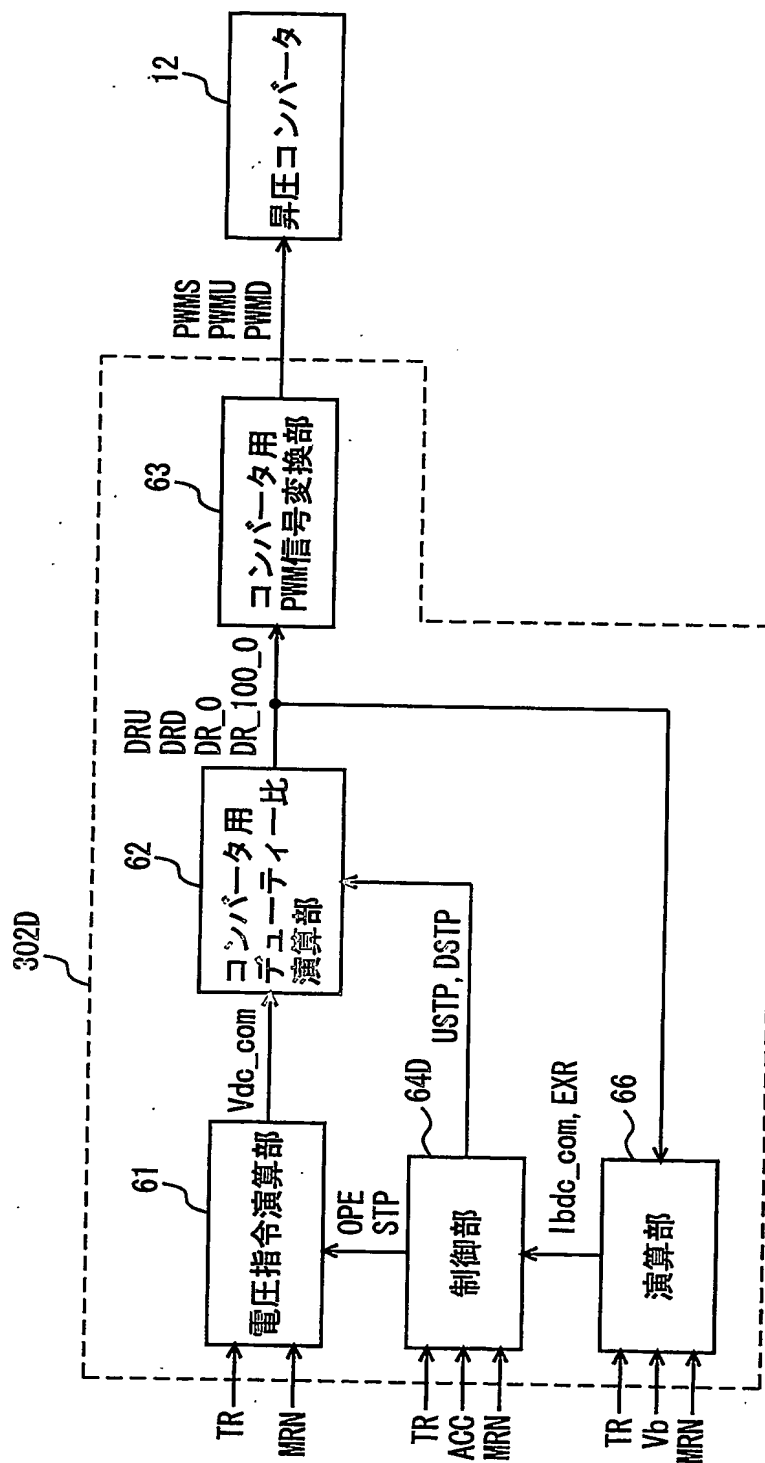


FIG. 27

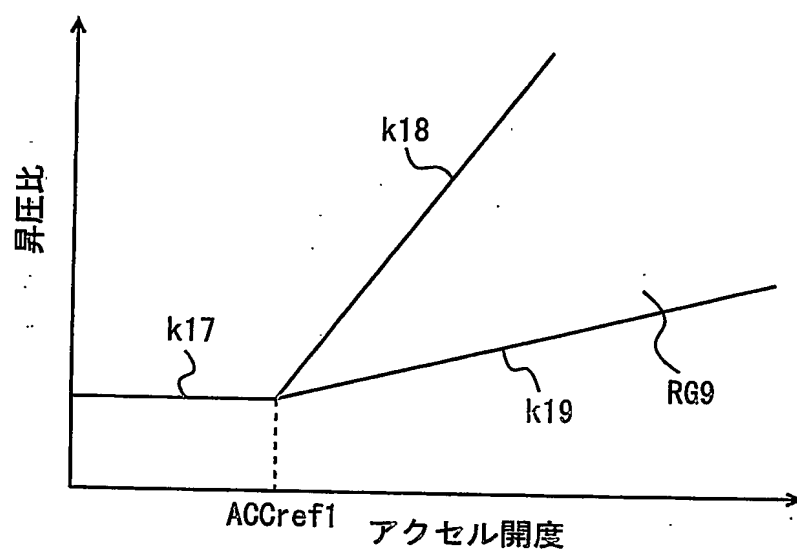


FIG. 28

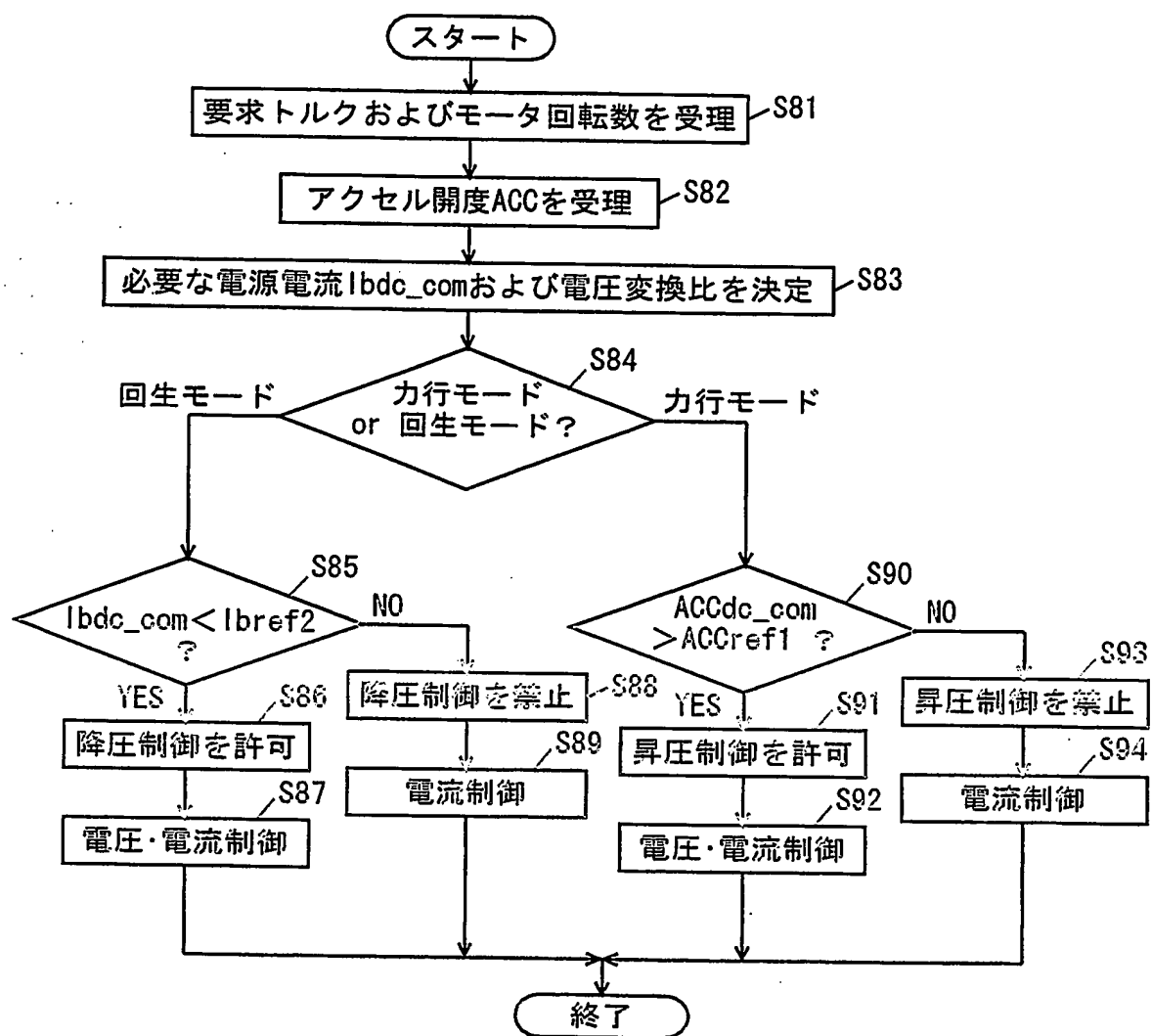




FIG. 29

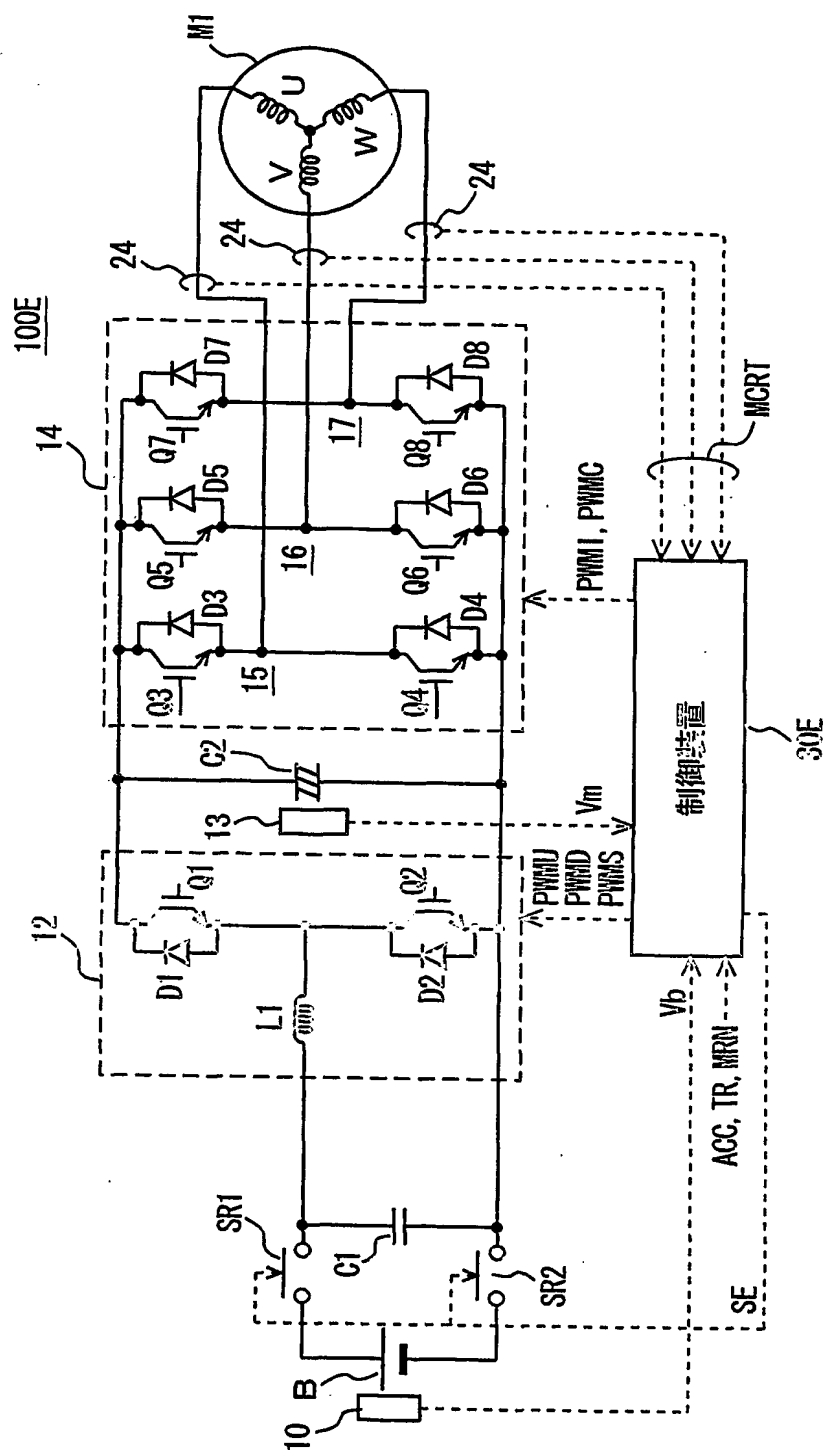


FIG. 30

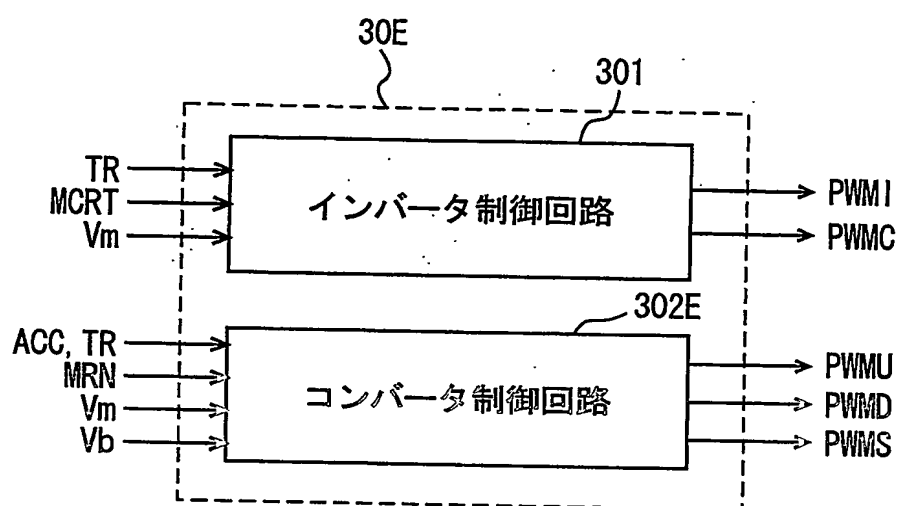


FIG. 31

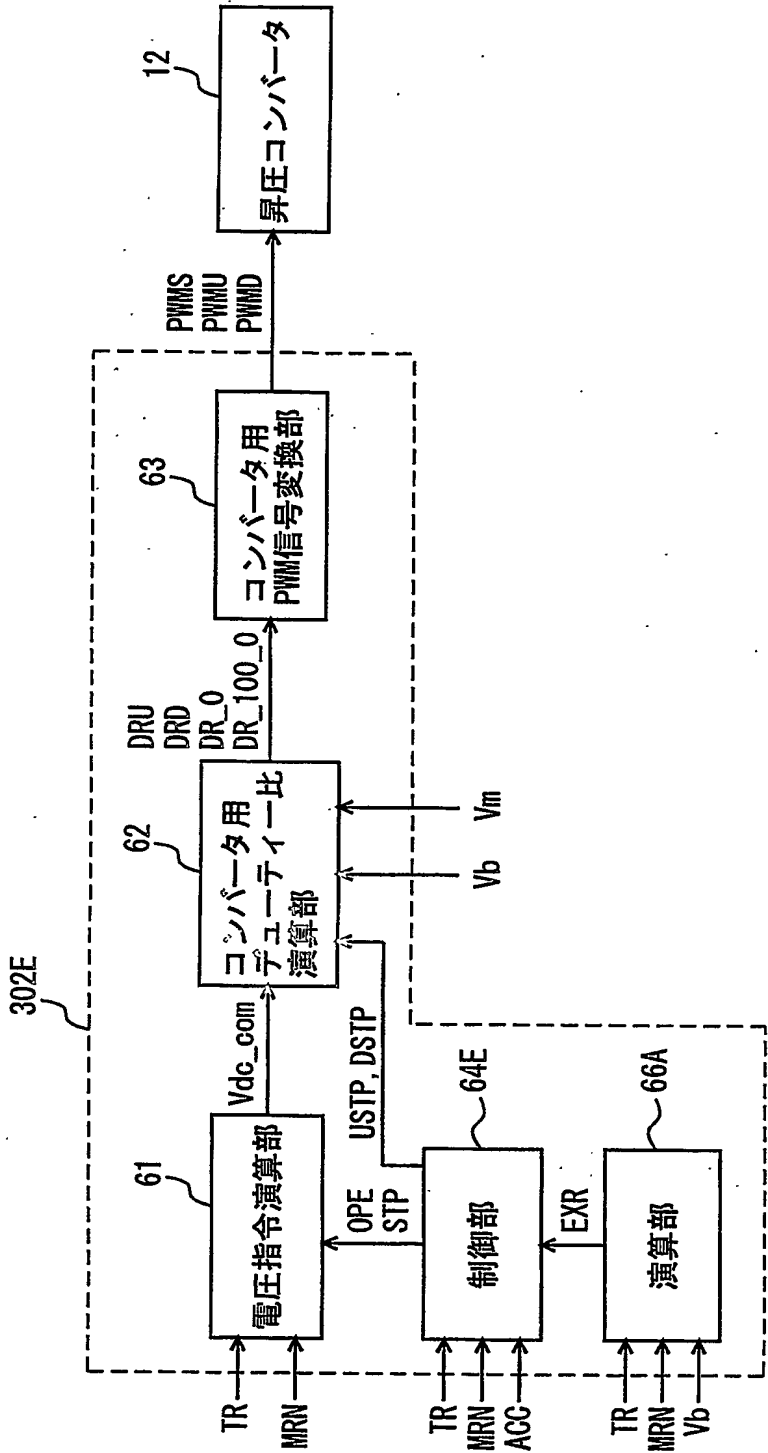


FIG. 32

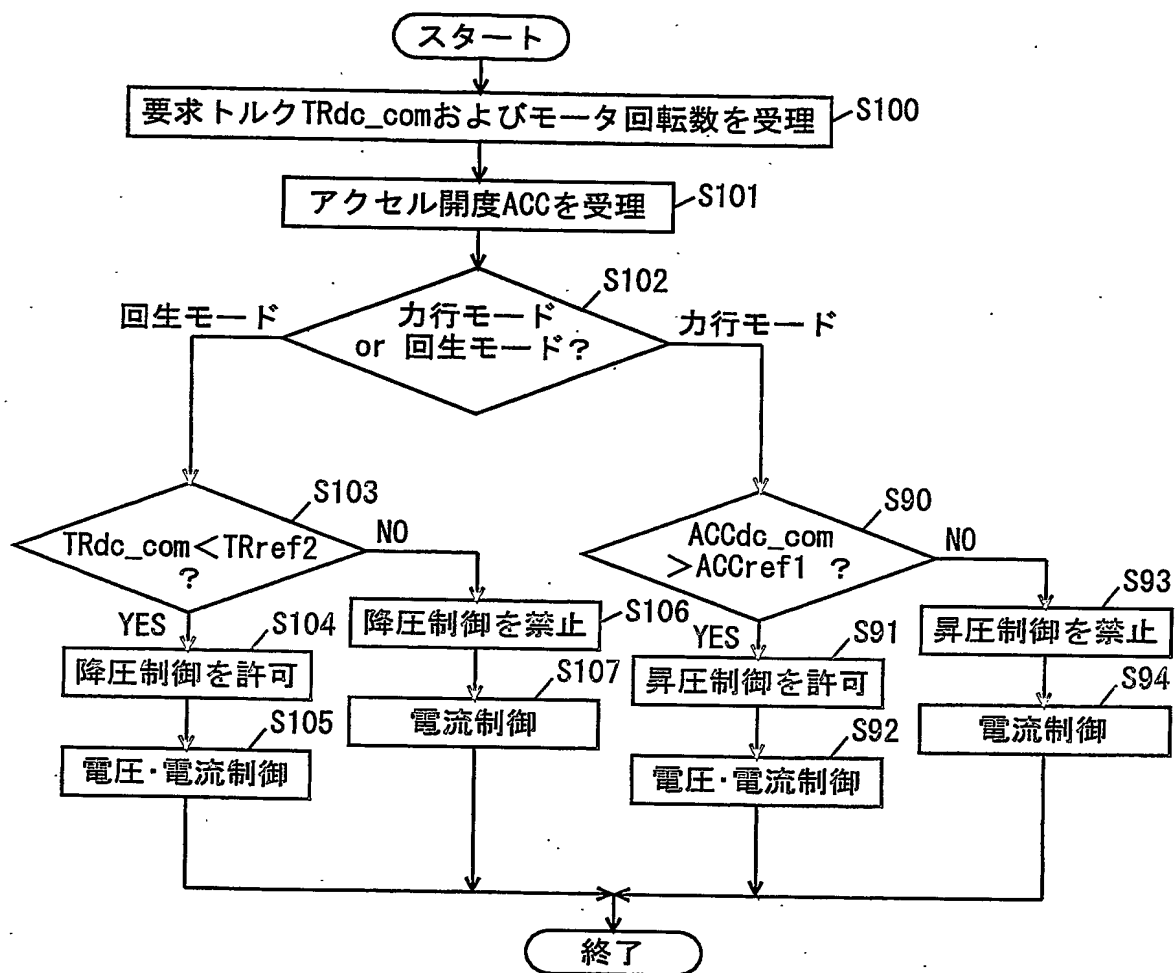


FIG. 33

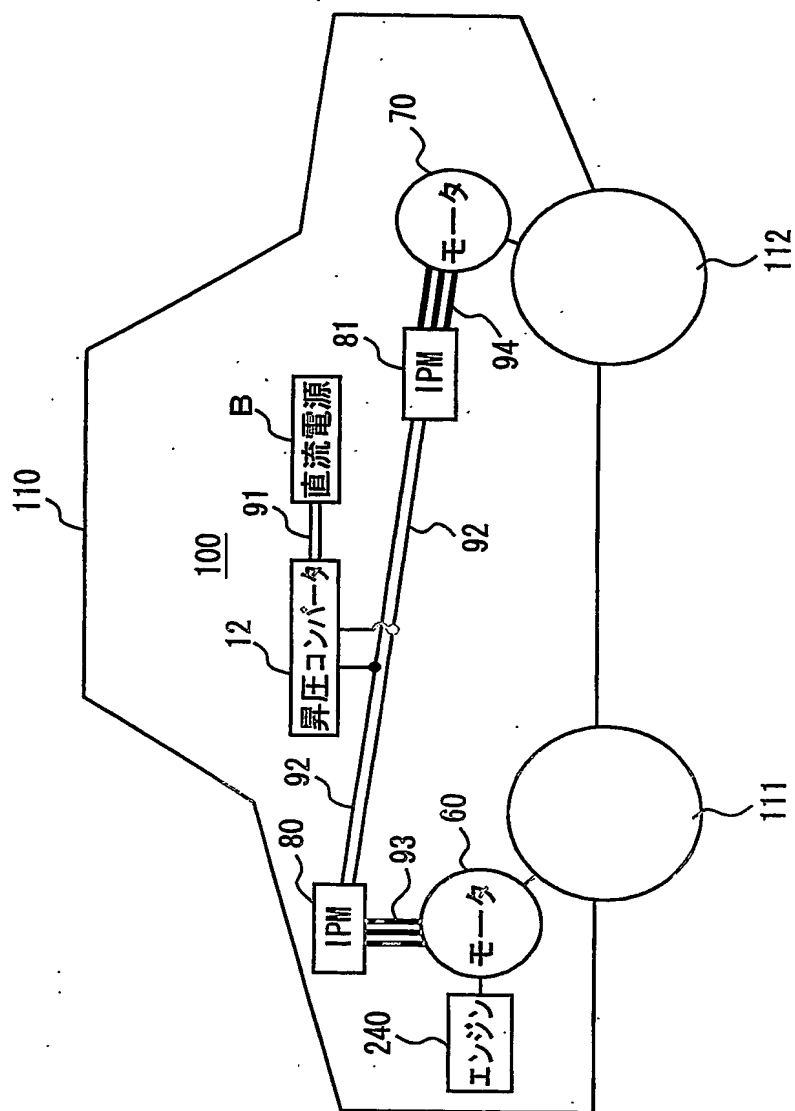


FIG. 34

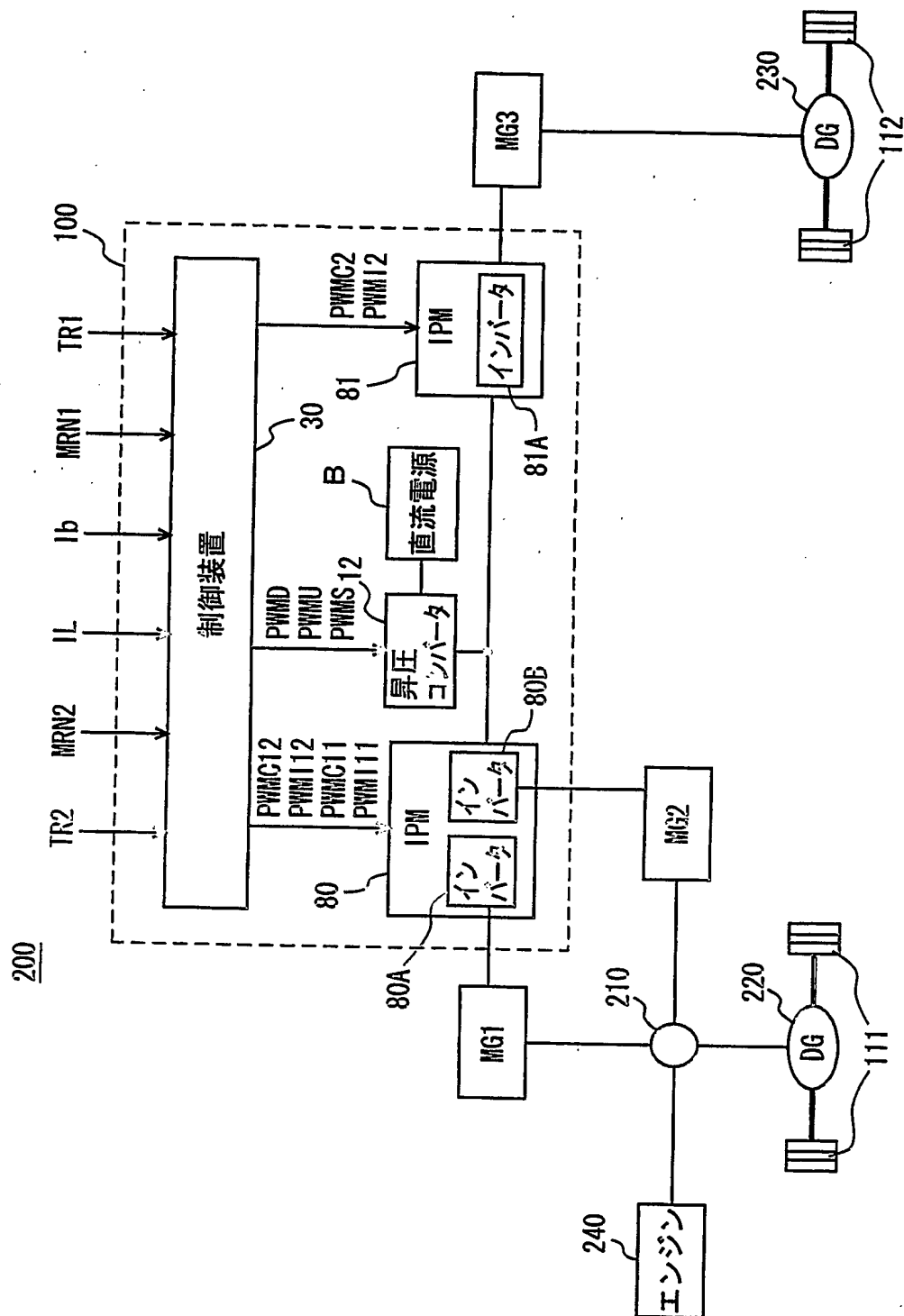


FIG. 35

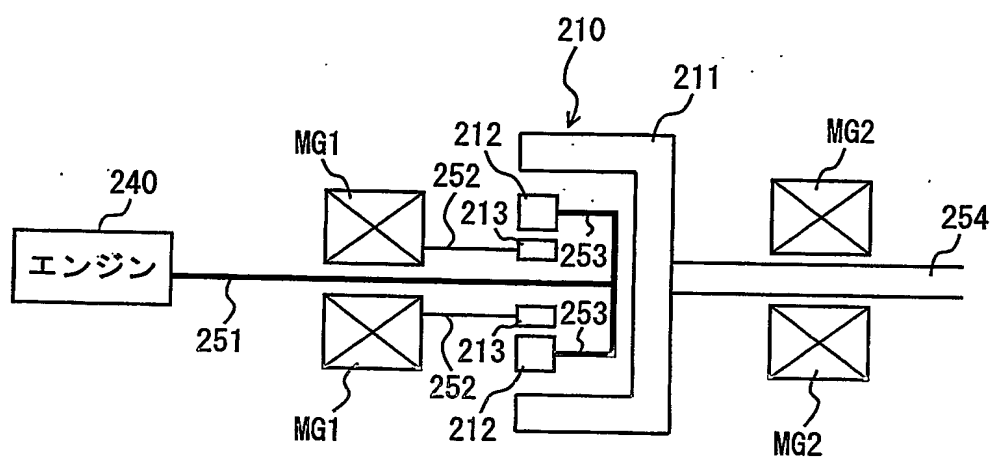


FIG. 36

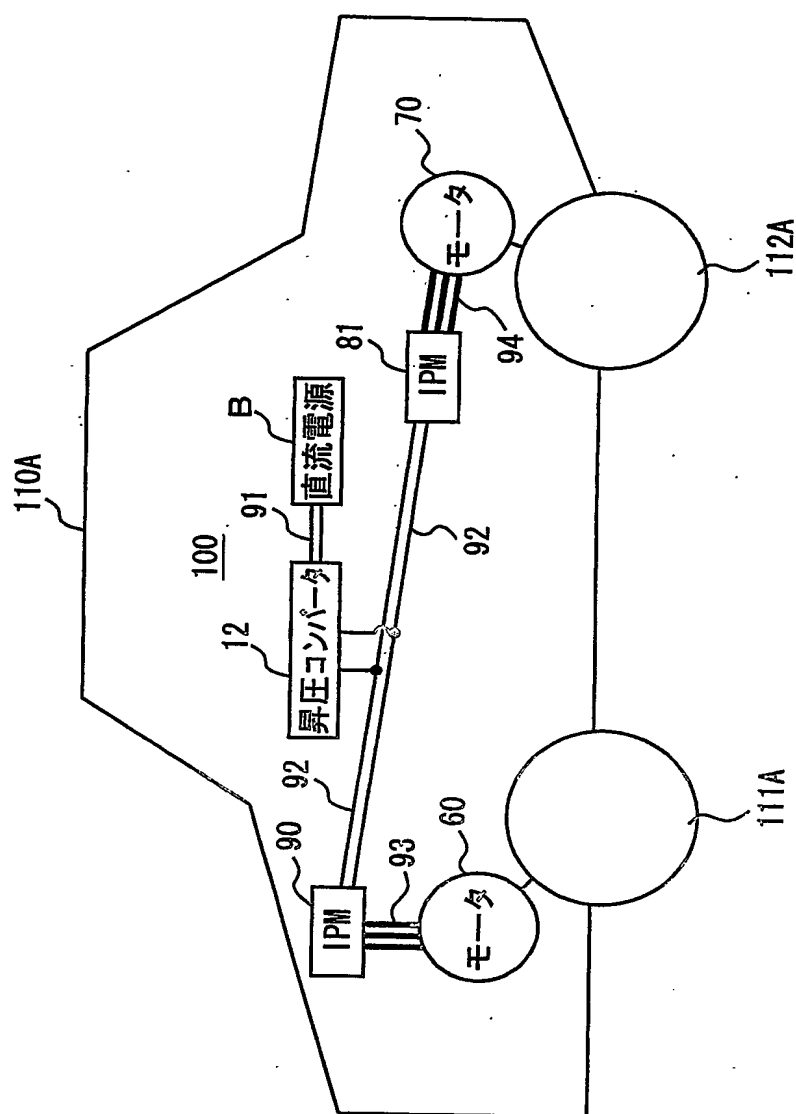




FIG. 37

200A

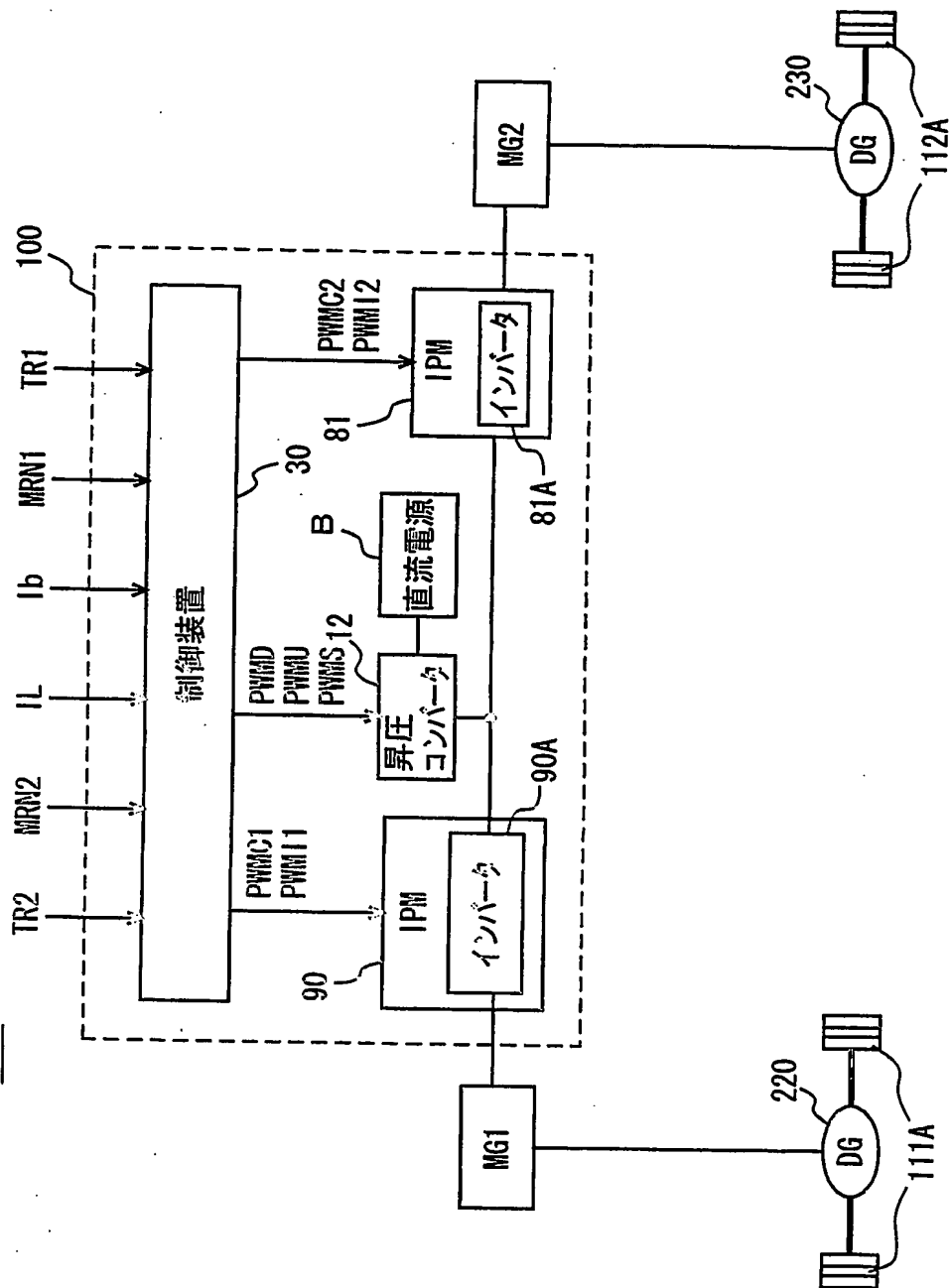


FIG. 38

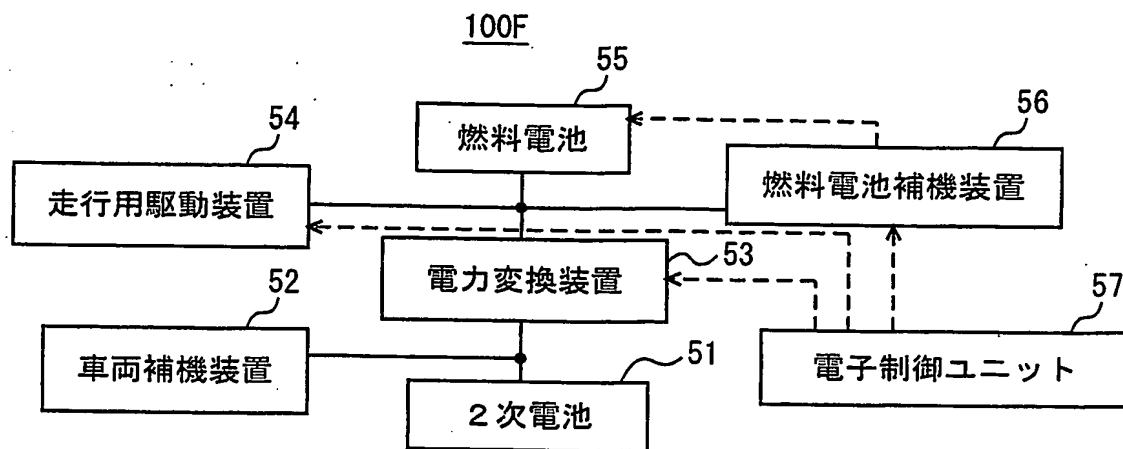


FIG. 39

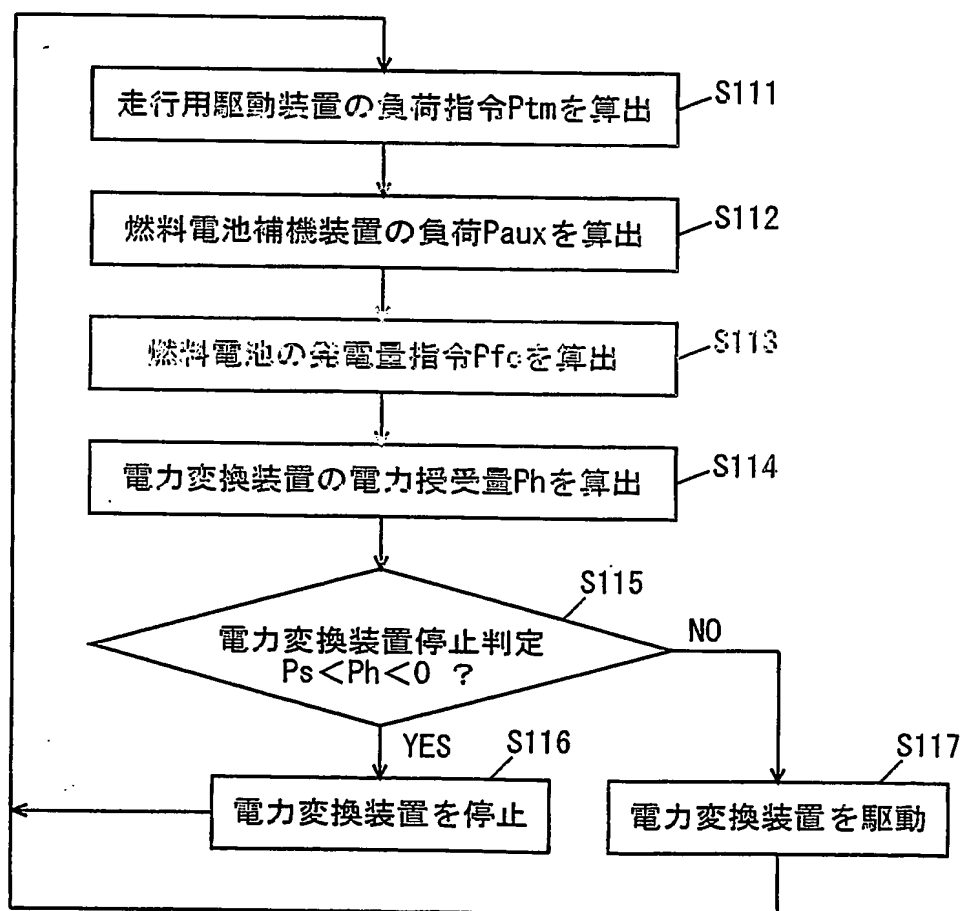


FIG. 40

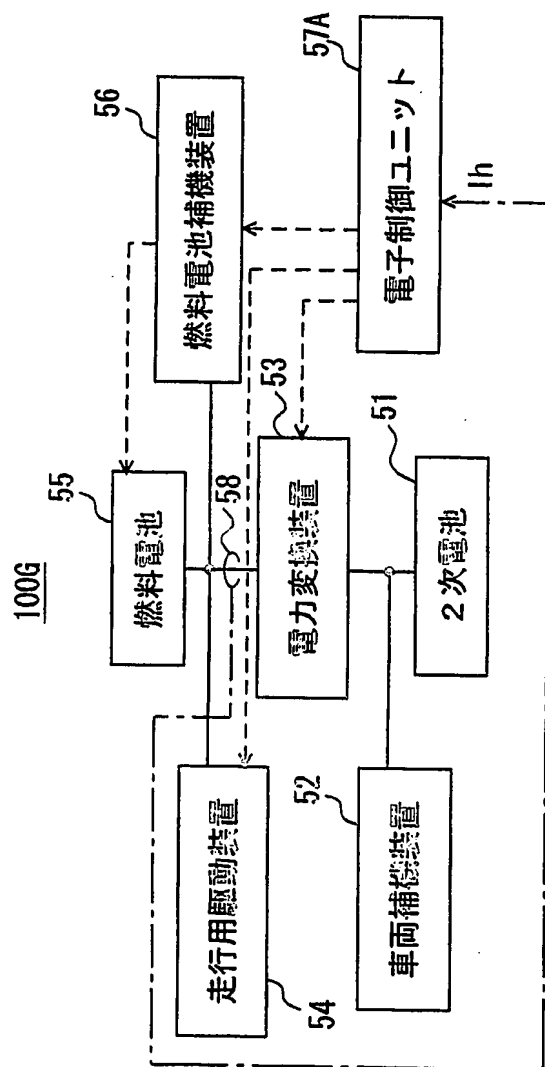


FIG. 41

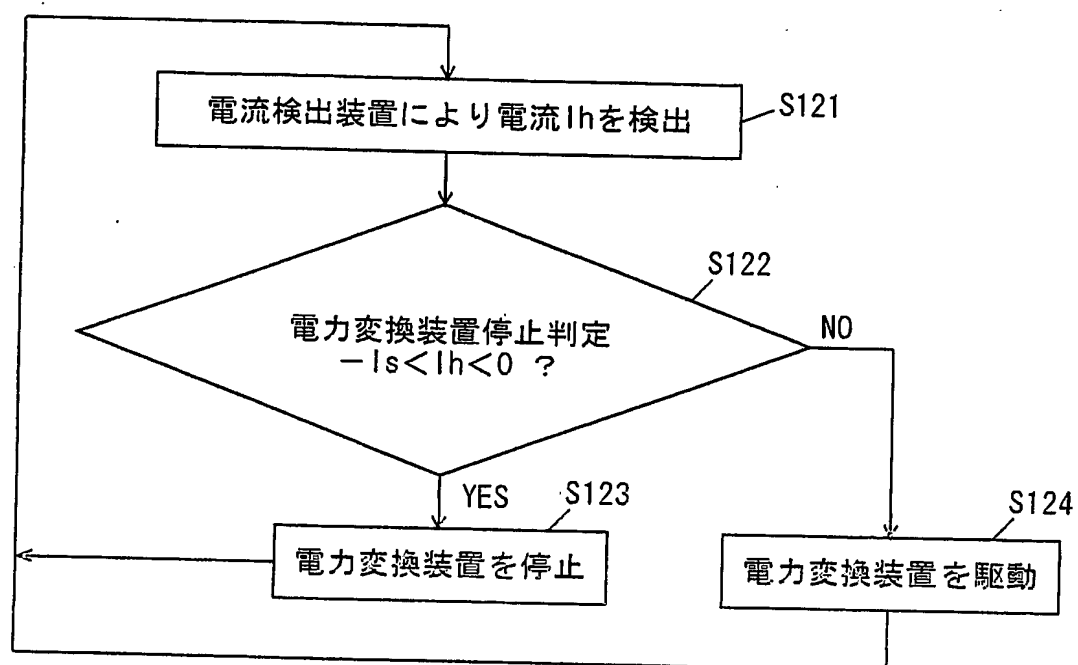


FIG. 42

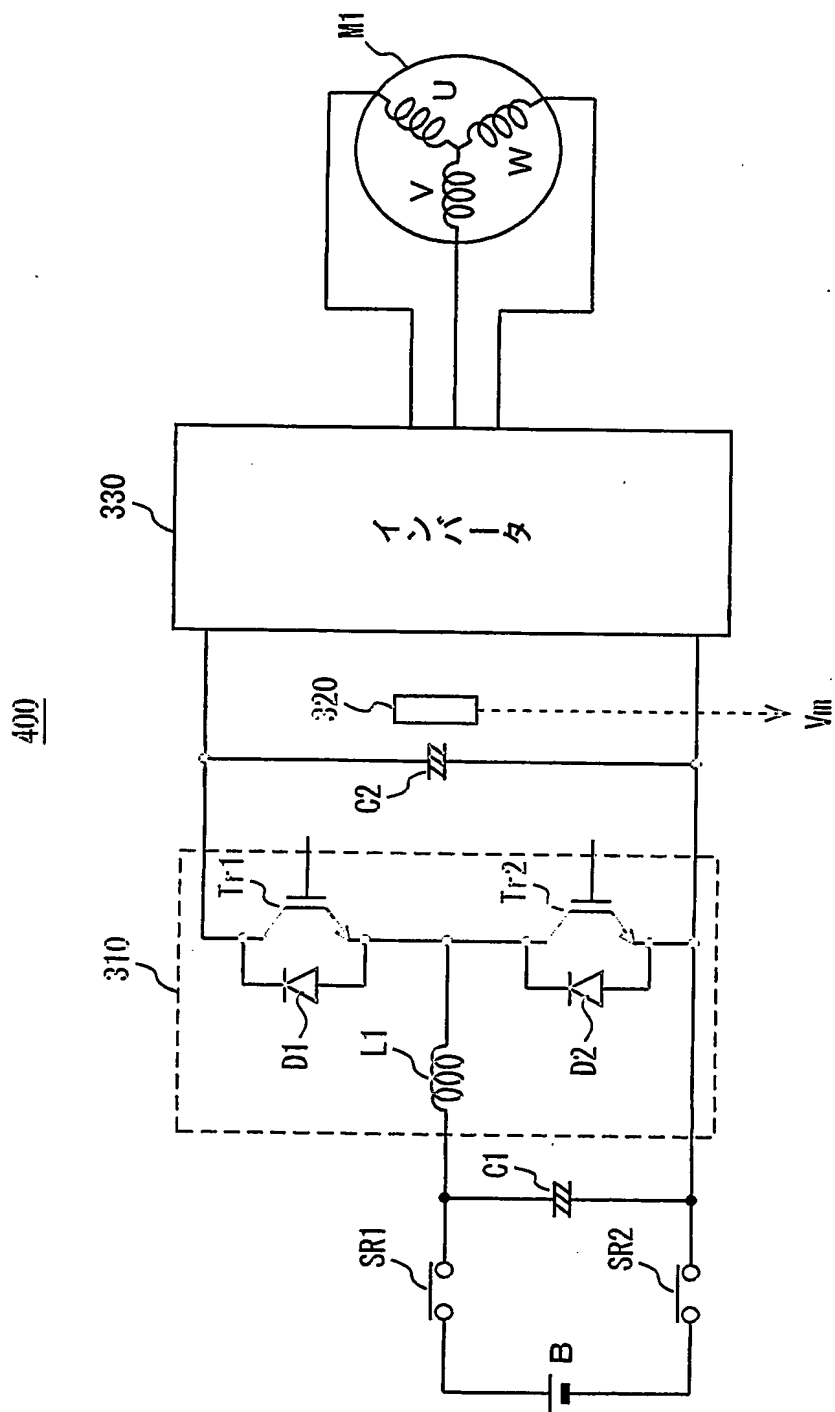


FIG. 43

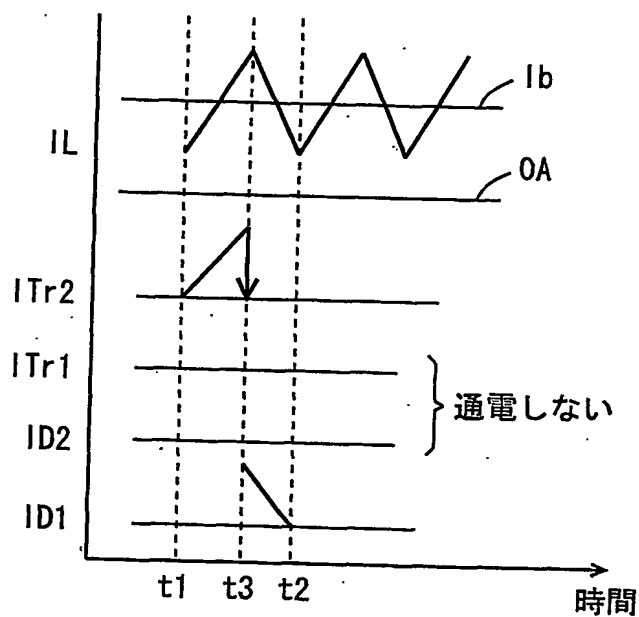


FIG. 44

